

Sveučilište u Zagrebu
Ekonomski fakultet

DIPLOMSKI RAD

KOMPARATIVNA ANALIZA TROŠKOVA
PRIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Tena Petrović

Sveučilište u Zagrebu
Ekonomski fakultet – Zagreb
Specijalistički diplomski stručni studij Ekonomika energije i okoliša

DIPLOMSKI RAD

KOMPARATIVNA ANALIZA TROŠKOVA PRIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Student: Tena Petrović

JMBAG studenta: 0067505355

Kolegij: Tržište električne energije

Mentor: Izv. prof. dr. sc. Tomislav Gelo

2019, rujan, Zagreb

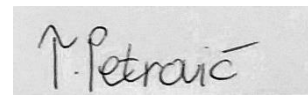
Tena Petrović

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je diplomski rad isključivo rezultat mogega vlastitoga rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, što pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada, te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Zagrebu, 24. lipnja, 2019.

Student

A rectangular box containing a handwritten signature in black ink. The signature appears to be 'T. Petrović' with a stylized flourish at the end.

(potpis)

SAŽETAK

Električna energija važan je pokretač razvoja ljudske civilizacije, stoga možemo tvrditi da je njezin najfleksibilniji oblik. Takva vrsta energije nalazi se u svakom aspektu gospodarstva te predstavlja značajan dio razvoja svake zemlje. Energija je važan čimbenik u bilo kojem području društvene ili ekonomske aktivnosti a za većinu zemalja u razvoju, ali i razvijene zemlje, raspoloživost energije i kvaliteta energetske usluge vitalni su za zadovoljavanje osnovnih ljudskih potreba i povećanje životnog standarda. U ovom radu čija je tema “Komparativna analiza troškova proizvodnje električne energije” uspoređuju se troškovi proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora te iz fosilnih izvora. Današnja ovisnost o uvezenoj energiji mogla bi biti neutralizirana prelaskom na obnovljive izvore energije koji su dosegli najveću razinu proizvodnje električne energije do sada, iako fosilni izvori i dalje zauzimaju prvo mjesto. Nekad vrlo skupe i nekonkurentne tehnologije u odnosu na konvencionalne, danas su konkurentne jedna drugoj. Također, raste svijest o zagađenju okoliša, stoga se daju i poticaji na proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora.

Ključne riječi: **obnovljivi izvori energije, neobnovljivi izvori energije, električna energija, troškovi, troškovi proizvodnje, analiza, struktura proizvodnje itd.**

SUMMARY

Electricity is an important initiator of the development of human civilization, so we can claim that it is its most flexible form. This kind of energy is found in every aspect of the economy, and it represents a significant part of each country's development. Energy is an important factor in any area of social or economic activity. For most developing countries as well as developed countries, the availability of energy and the quality of energy services are important for meeting basic human needs and living standards. In this master's thesis, whose theme is “Comparative analysis of electricity generation costs”, the costs of electricity production from renewable sources and from fossil sources are compared. Today's dependence on imported energy could be neutralized by the transit to renewable energy, which has reached the highest level of electricity production so far, although fossil fuels continue to be in the first place. Once very expensive and uncompetitive technologies compared to conventional technologies, today they are competitive with each other. There is also increasing awareness of environmental pollution, so incentives are being given to generate electricity from renewable sources.

Keywords: **renewable energy, non- renewable energy, electricity, costs, production costs, analysis, structure of production**

SADRŽAJ

| | | |
|--------|--|----|
| 1. | UVOD..... | 1 |
| 1.1. | Predmet i cilj rada | 1 |
| 1.2. | Izvori podataka i metode prikupljanja | 1 |
| 1.3. | Sadržaj i struktura rada | 2 |
| 2. | DETERMINANTE TROŠKOVA PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE | 3 |
| 2.1. | Struktura proizvodnje električne energije | 3 |
| 2.1.1. | Fiksni i varijabilni troškovi | 3 |
| 2.1.2. | Ukupni trošak proizvodnje električne energije | 3 |
| 2.2. | Nivelirani troškovi proizvodnje električne energije | 6 |
| 2.2.1. | Investicijski troškovi | 8 |
| 2.2.2. | Troškovi pogona i održavanja | 8 |
| 2.2.3. | Troškovi dekomisije i odlaganja otpada..... | 9 |
| 2.3. | Eksterni troškovi proizvodnje električne energije s naglaskom na emisije ugljikova dioksida | 11 |
| 2.3.1. | Načini određivanja eksternih troškova | 11 |
| 2.3.2. | Eksterni troškovi emisija ugljikova dioksida..... | 13 |
| 3. | TROŠKOVI PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ OBNOVLJIVIH IZVORA..... | 13 |
| 3.1. | Usporedba troškova proizvodnje električne energije..... | 13 |
| 3.1.1. | Troškovi proizvodnje električne energije iz vjetroelektrana..... | 15 |
| 3.1.2. | Troškovi proizvodnje električne energije iz hidroelektrana..... | 18 |
| 3.1.3. | Troškovi proizvodnje električne energije iz geotermalnih elektrana..... | 21 |
| 3.1.4. | Troškovi proizvodnje električne energije iz solarnih elektrana | 23 |
| 3.2. | Komparativna analiza fiksih i varijabilnih troškova proizvodnje..... | 26 |
| 3.2.1. | Fiksni troškovi | 27 |
| 3.2.2. | Varijabilni troškovi | 28 |
| 4. | TROŠKOVI PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ FOSILNIH IZVORA..... | 30 |
| 4.1. | Troškovi goriva u strukturi troškova proizvodnje električne energije | 31 |
| 4.1.1. | Termoelektrane na ugljen..... | 32 |
| 4.1.2. | Plinske termoelektrane | 33 |
| 4.1.3. | Nuklearne elektrane | 34 |
| 4.2. | Naknade za emisije ugljikova dioksida i njihovo smanjenje pri proizvodnji električne | 36 |
| 4.3. | Komparativna analiza fiksih i varijabilnih troškova proizvodnje električne energije iz neobnovljivih izvora..... | 39 |

| | |
|--|----|
| 5. ANALIZA TROŠKOVA PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE NA PRIMJERU EU | 41 |
| 6. ZAKLJUČAK | 45 |
| 7. LITERATURA | 48 |
| 8.ŽIVOTOPIS | 52 |

1. UVOD

1.1. Predmet i cilj rada

Energija je važan čimbenik u bilo kojem području društvene ili ekonomske aktivnosti te se može reći da je električna energija njezin najvažniji oblik. Takva vrsta energije nalazi se u svakom aspektu gospodarstva, stoga ona predstavlja značajan dio razvoja svake zemlje. Budući da energija poboljšava produktivnost i učinkovitost svih zemalja, velika urbanizacija i industrijalizacija povećali su i korištenje energije. Potrošnja električne energije iz godine u godinu raste velikom brzinom, stoga je potrebno osigurati proizvodnju koja može zadovoljiti trenutne potrebe. Za proizvodnju električne energije najviše se koriste neobnovljivi izvori iako se zadnjih godina potiče proizvodnja i općenito korištenje obnovljivih izvora jer činjenica je da će se neobnovljivi izvori jednog dana u potpunosti iscrpiti. Upravo iz tog razloga elektroenergetski sektor posljednjih desetak godina prolazi kroz drastične promjene.

Troškovi proizvodnje električne energije uvelike se razlikuju ovisno o vrsti elektrane, zato postoje razlike u troškovima proizvodnje između klasičnih elektrana i elektrana iz obnovljivih izvora energije (OIE) koji će se analizirati u ovome radu. Zadatak ovoga rada je usporediti troškove proizvodnje iz obnovljivih izvora te iz fosilnih izvora s naglaskom na fiksne i varijabilne troškove te nekih specifičnih eksternih troškova kao što su emisije ugljikova dioksida.

1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja

Za izradu rada korištena je relevantna literatura dostupna u tradicionalnim i online izvorima. Najviše su korištene induktivna i deduktivna metoda, zatim metode analize i sinteze. Statistička metoda koja se naziva i općom metodom znanstvenih istraživanja u svim znanstvenim područjima također je u velikoj mjeri korištena u ovom radu. Ostale korištene metode su: metoda brojenja i mjerenja, metoda komparacije, metoda apstrakcije i konkretizacije.

1.3. Sadržaj i struktura rada

Ovaj diplomski rad podijeljen je u šest poglavlja. U uvodnom se poglavlju uvodi u problematiku obrađenu u radu, predmet i cilj rada, izvore podataka i metode prikupljanja te je detaljnije objašnjen sadržaj i struktura rada o kojem će biti riječi u narednim poglavljima.

Drugo poglavlje govori o determinantama troškova proizvodnje električne energije, strukturi troškova, niveliranim troškovima proizvodnje električne energije, te eksternim troškovima proizvodnje električne energije s naglaskom na emisije CO₂.

U trećem poglavlju uspoređivat će se troškovi proizvodnje električne energije iz vjetroelektrana, hidroelektrana, solarnih kolektora i geotermalnih elektrana, odnosno iz obnovljivih izvora, a u četvrtom poglavlju iz neobnovljivih izvora s naglaskom na troškove goriva.

U petom poglavlju analizirat će se troškovi proizvodnje električne energije na primjeru EU te će se sve zaključiti u šestom, odnosno posljednjem poglavlju.

2. DETERMINANTE TROŠKOVA PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

2.1. Struktura proizvodnje električne energije

2.1.1. Fiksni i varijabilni troškovi

Troškovi proizvodnje električne energije uvelike se razlikuju ovisno o vrsti izvora. Tako postoje razlike u troškovima proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora i troškovi proizvodnje električne energije iz fosilnih izvora. Najopćenitija podjela troškova proizvodnje je na fiksne i varijabilne troškove. Fiksni troškovi često se vežu na kapitalno intenzivne industrije, u koje svakako spada i elektroenergetski sektor. Fiksni troškovi su troškovi koji su već izazvani i ne mogu se nadoknaditi. Mijenjaju se s razinom proizvodnje električne energije, a može ih eliminirati samo prestanak proizvodnje. Značajan dio fiksnih troškova čine nepovratni troškovi, (sunk cost) izgradnje elektrana, a manji dio troškova može se povratiti kroz prodaju dijela opreme ili kroz prodaju opreme u staro željezo. U fiksne troškove spadaju amortizacija postrojenja, troškovi održavanja i plaća, kao i ostali troškovi poslovanja pojedine elektrane. To su sve troškovi koji ne ovise o samoj proizvodnji električne energije. Često se u stručnoj literaturi nazivaju i troškovi hladnog pogona. Daleko su najveći kod hidroelektrana i nuklearnih elektrana.¹

Varijabilni trošak se mijenja zajedno s promjenom razine proizvodnje električne energije. Varijabilni troškovi primarno su determinirani potrošnjom energetske goriva kao što su ugljen, prirodni plin ili nafta i njihovom cijenom. Drugi znatno manji ali karakterističan varijabilni trošak su naknade koje se plaćaju lokalnoj ili nacionalnoj vlasti s obzirom na količinu proizvedene električne energije. Među značajnije naknade spada naknada za emisiju stakleničkih plinova.² Kod ekonomske optimizacije potražnje u obzir se uzimaju fiksni i varijabilni troškovi, odnosno ukupan trošak proizvodnje jedinice električne energije. Kod konvencionalnih izvora energije postoji proporcionalnost kretanja fiksnog i varijabilnog troška.³

2.1.2. Ukupni trošak proizvodnje električne energije

¹ Gelo, T. (2019) Determinante tržišta električne energije (nastavni material za kolegij tržište električne energije), Zagreb, Sveučilište u Zagrebu Ekonomski fakultet

² Gelo, T. (2019) Determinante tržišta električne energije (nastavni material za kolegij tržište električne energije), Zagreb, Sveučilište u Zagrebu Ekonomski fakultet

³ Gelo, T. (2019) Determinante tržišta električne energije (nastavni material za kolegij tržište električne energije), Zagreb, Sveučilište u Zagrebu Ekonomski fakultet

Ukupni trošak proizvodnje električne energije (UT) prikazan je sljedećom jednačbom:

$$UT = FT + VT(Q)$$

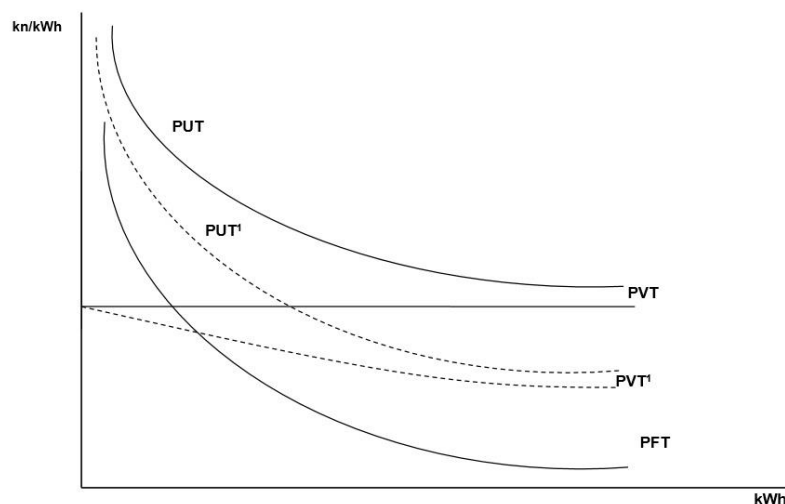
gdje je: FT– fiksni trošak proizvodnje električne energije, Q – količina proizvedene električne energije, VT – varijabilni troškovi proizvodnje električne energije, i VT(Q) – varijabilni trošak proizvodnje električne energije funkcija je količine proizvedene električne energije.

Za analizu troškova proizvodnje električne energije vrlo je važan ukupan trošak proizvodnje jedne jedinice električne energije. Da bi se on izračunao potrebno je poznavati prosječan i graničan (marginalan) trošak proizvodnje jedne jedinice električne energije. Prosječan ukupan trošak proizvodnje električne energije dobijemo na način da ukupan trošak podijelimo s količinom proizvodnje. Sastoji se od prosječnog fiksnog i prosječnog varijabilnog troška:

$$UT/Q = FT/Q + VT(Q)/Q$$

Iz navedene jednačbe vidi se da se prosječni ukupni trošak ($PUT = UT/Q$) sastoji od prosječnog fiksnog troška ($PFT = FT/Q$, FT je konstanta) i prosječnog varijabilnog troška ($PVT = VT(Q)/Q$).⁴

Slika 1. Padajući prosječni ukupni troškovi

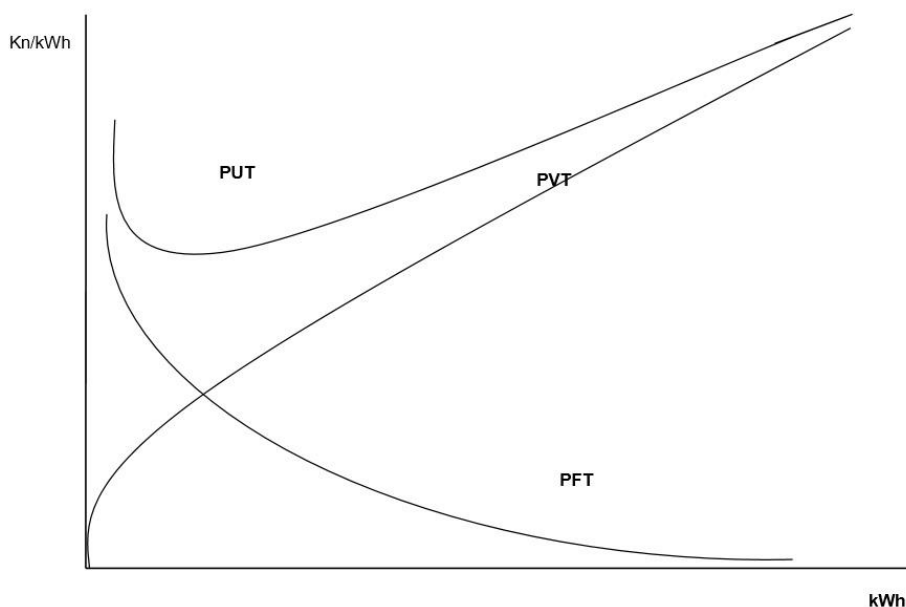


Izvor: Gelo, T. (2019) Determinante tržišta električne energije (Nastavni material za kolegij tržište električne energije)

⁴ Gelo, T. (2019) Determinante tržišta električne energije (nastavni material za kolegij tržište električne energije), Zagreb, Sveučilište u Zagrebu Ekonomski fakultet

Prosječan fiksni trošak (PFT) pada s povećavanjem proizvodnje električne energije. Istovremeno je prosječan varijabilni trošak (PVT) konstantan (pod pretpostavkom da se cijena energenta za proizvodnju električne energije, ugljen, prirodni plin, nafta, ne mijenja i da je tehnologija takva da porastom proizvodnje električne energije ne treba manje energenta za proizvodnju jednake količine električne energije). Prosječan ukupni trošak (PUT) posljedica je kretanja prosječnog fiksnog i prosječnog varijabilnog troška. Moguće je da prosječni varijabilni troškovi proizvodnje (PVT1) električne energije opadaju s rastom proizvodnje (npr. tehnologija je takva da porastom proizvodnje električne energije treba manje energenta za proizvodnju jednake količine električne energije). Tada je i krivulja prosječnih ukupnih troškova (PUT1) strmija. U proizvodnji električne energije mogući su slučajevi da prosječni varijabilni troškovi (PVT) rastu kako raste proizvodnja, što ovisi o proizvodnom procesu u samoj elektrani. Tada se radi o slučaju rastućih prosječnih ukupnih troškova.

Slika 2. Rastući prosječni ukupni troškovi



Izvor: Gelo, T. (2019) Determinante tržišta električne energije (Nastavni material za kolegij tržište električne energije)

Kod proizvodnje električne energije vrlo je važna i funkcija graničnog troška (GT, marginalan trošak). On predstavlja porast troška koji nastaje zbog proizvodnje dodatnog kWh električne energije: $dUT/dQ = dFT/dQ + dVT(Q)/dQ$

Promjena ukupnih troškova (dUT) proizvodnje električne energije podijeljena s promjenom ukupne proizvedene količine električne energije (dQ) zbroj je promjene fiksnih troškova proizvodnje (dFT) električne energije podijeljene s promjenom ukupne količine proizvedene električne energije (dQ) i promjene varijabilnih troškova (dVT) proizvodnje energije podijeljene s promjenom ukupno proizvedene električne energije (dQ). Pod pretpostavkom da su fiksni troškovi konstantni ($dFT/dQ=0$), granični troškovi rezultat su promjene varijabilnih troškova koji su posljedica promjene proizvodnje električne energije. Oni ovise o tome radi li se o padajućim, konstantnim ili rastućim varijabilnim troškovima ekonomije obujma za kratkoročne varijabilne troškove (trošak transporta ugljena željeznicom može ovisiti o količini transportiranog ugljena, što ga se više transportira prosječni trošak transporta je manji).⁵

2.2. Nivelirani troškovi proizvodnje električne energije

Globalno prihvaćeni model izračuna cijene proizvodnje električne energije određenom tehnologijom i energentom jest nivelirani trošak proizvodnje - LCOE (eng. levelized cost of electricity). Riječ je o metodologiji izračuna troška proizvedenog megavatsata energije u jedinici novca za cjelokupni životni vijek neke elektrane. Dakle, radi se o proračunu koji uračunava i investicijske (fiksne) troškove poput gradnje, kao i operativne (varijabilne) troškove proizvodnje poput cijene goriva ili emisijskih kvota. A što se tiče ključnih zelenih energetske tehnologije, globalni LCOE kontinuirano opada.

Najopćenitija podjela niveliranih troškova proizvodnje bila bi na investicijske troškove, troškove pogona i održavanja i dekomisijske troškove na kojima će biti fokus u ovom dijelu diplomskog rada.

Investicijski troškovi odnose se na planiranje, projektiranje i izgradnju. Oni variraju ovisno o vrsti postrojenja. U većini slučajeva potrebno je više godina kako bi se otplatili. Na primjer, kod elektrana na fosilna goriva investicijski troškovi su relativno niski, kod vjetroelektrana i fotonapona nešto viši s konstantnim padom napretkom tehnologije, a jako visoki investicijski troškovi pojavljuju se kod solarnih elektrana, hidroelektrana i nuklearnih elektrana. Troškovi rada

⁵ Gelo, T. (2019) Determinante tržišta električne energije (nastavni material za kolegij tržište električne energije), Zagreb, Sveučilište u Zagrebu Ekonomski fakultet

i održavanja odnose se na troškove goriva, materijalne troškove, plaće, popravke, itd. Oni postoje tijekom cijelog životnog vijeka elektrane. Visoke troškove goriva imaju elektrane na fosilna goriva i biomasu, nuklearne elektrane imaju niske troškove goriva, a elektrane na obnovljive izvore ih gotovo uopće nemaju. Dekomisijski troškovi odnose se na uklanjanje objekta i saniranje prostora. Ti troškovi su jako bitni za nuklearne elektrane, zbog problema zbrinjavanja nuklearnog otpada, što je izrazito komplicirano i skupo.⁶

LCOE metoda izračunava prosjek troškova elektrane kroz duži vremenski period. Sistem LCOE-a najčešće se koristi za usporedbu troškova proizvodnje energije iz različitih izvora. Širok raspon tehnologija koje se koriste za proizvodnju električne energije te njihove velike razlike otežavaju usporedbu isplativosti između različitih sustava proizvodnje. Na primjer, fotonaponski sustav drastično se razlikuje u fizikalnim osnovama i radu od elektrane na biomasu.⁷ Međutim, LCOE metoda sadržava neke zajedničke kriterije za usporedbu različitih tehnologija. Najlakše ju je prikazati omjerom:

$$\text{LCOE} = \frac{\text{ukupni troškovi tijekom životnog vijeka}}{\text{ukupna proizvedena energija tijekom životnog vijeka}}$$

LCOE metoda temelji se na neto sadašnjoj vrijednosti (NPV) tj. svaki budući trošak mora biti prilagođen sadašnjoj vrijednosti zbog inflacije i ostalih faktora. Matematički prikazano, osnovna formula LCOE izgleda⁸:

$$\text{LCOE} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_t + P_t + G_t}{1+r^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{W_t}{(1+r)^t}}$$

⁶ Šarić, A. (2016) Analiza isplativosti proizvodnje električne energije. Diplomski rad, Osijek, Elektrotehnički fakultet

⁷ http://thegrid.rexel.com/en-us/energy_efficiency/w/solar_renewable_and_energy_efficiency/92/the-levelized-cost-of-electricity-definition/

⁸ <http://e-nable.eu/levelized-cost-of-electricity/>

gdje su:

I_t = troškovi investiranja u godini t

P_t = troškovi pogona i održavanja u godini t

G_t = troškovi goriva u godini t

W_t = proizvedena električna energija u godini t

r = diskontna stopa

n = životni vijek sustava

LCOE formula još se može nadopuniti raznim troškovima koji su karakteristični za pojedine elektrane.

2.2.1. Investicijski troškovi

Investicijski troškovi (I_t) glavni su rashodi u procesu izgradnje elektrane u odnosu na instaliranu snagu postrojenja. To su troškovi koji izravno i neizravno utječu na izgradnju i puštanje u pogon postrojenja, ili komponente troškova koje su nastale od strane operatera prije ili tijekom procesa izgradnje. U investicijske troškove uključena je cijena inženjeringa, nabave i izgradnje. Također su uključeni i troškovi spajanja postrojenja sa infrastrukturom struje, vode i goriva.

Troškovi izgradnje elektrana obično su karakterizirani specifičnim investicijama I_{spec} po jedinici instalirane snage, a gdje je P_{inst} nazivna snaga elektrane.⁹

Troškovi investicija stoga iznose:

$$I = I_{spec} \cdot P_{inst}$$

2.2.2. Troškovi pogona i održavanja

Troškovi pogona i održavanja (P_t) mogu se podijeliti na fiksne i varijabilne, ili se prikazati kao njihov zbroj. Fiksni dio troškova pogona i održavanja uključuje sve troškove koji su neovisni o opsegu proizvodnje elektrane kao npr. troškovi administracije, operativnog osoblja, najam tvorničkog prostora, planirano i neplanirano održavanje, porez na imovinu, anuiteti i kamate na zajmove poduzeća, premije osiguranja, itd. Varijabilni troškovi pogona i održavanja uključuju potrošnju pomoćnih materijala kao što su voda, mazivo i aditivi za gorivo. U varijabilne troškove

⁹ Danish Energy Agency, „Levelized cost of energy, LCOE calculator“, Copenhagen, 2015.

uključeni su troškovi popravka i održavanja koji nisu pokriveni jamstvima i osiguranjem.¹⁰ Trošak pogona i održavanja jednak je:

$$P_t = p_t \cdot W_t$$

gdje je p_t jedinični godišnji trošak pogona za proizvodnju jednog kWh ili MWh električne energije, a W_t proizvedena električna energija u godini t .

2.2.3. Troškovi dekomisije i odlaganja otpada

Troškovi dekomisije i odlaganja otpada uglavnom se odnose na nuklearne elektrane. Ukoliko podatak nije poznat računaju se referentne vrijednosti, za nuklearne elektrane 15% od troškova izgradnje, a za sve ostale 5% od troškova izgradnje. Iako je životni vijek nuklearne elektrane u prosjeku 60-ak godina, postavlja se pitanje kako nakon toga sigurno ugasiti elektranu i uskladištiti radioaktivni materijal i naravno, kolika je cijena toga.

Čak 99% radioaktivnog materijala nuklearnih elektrana odnosi se na gorivo, ostalo se odnosi na materijale unutar elektrane koji su postali radioaktivni zbog neposredne blizine radioaktivnog goriva. No nije sav radioaktivni otpad iste razine radioaktivnosti. Za radioaktivni otpad niske razine radioaktivnosti (cijevi, cigle, metal, ...) nije potrebno posebno odlagalište jer sadrže vrlo nisku razinu radioaktivnosti koja nije opasna po ljude. Radioaktivni otpad srednje razine također ne zahtjeva vrlo komplicirana odlagališta, dakle najveći troškovi dolaze iz odlaganja otpada visoke razine radioaktivnosti. Također na otpad visoke razine radioaktivnosti odlazi 95% ukupne radioaktivnosti proizvedene u procesu proizvodnje električne energije. Svake godine nuklearne elektrane u cijelom svijetu proizvedu oko 200 000 m³ otpada niske i srednje razine radioaktivnosti i 10 000 m³ ili 12 000 tona otpada visoke razine radioaktivnosti.

Trošak odlaganja nuklearnog otpada predstavlja oko 5% ukupnog troška proizvodnje električne energije iz nuklearne elektrane. Financijske metode pokrivanja troška variraju od države do države, no najpopularnije su:

¹⁰ Danish Energy Agency, „Levelized cost of energy, LCOE calculator“, Copenhagen, 2015.

-Prijevremena otpлата – novac se pohranjuje na poseban račun za pokriće dekomisijskih troškova i prije nego što elektrana krene s radom.

-Porez na nuklearnu energiju – plaćaju ga potrošači kao dodatak na svoj račun električne energije. Novac ide u fondove i koristi se za pokrivanje troškova dekomisije.¹¹

2.2.2.1. Troškovi odlaganja otpada na primjeru NE Krško

Nuklearna elektrana Krško trebala bi raditi sve do 2043. godine, a ne kako je prvotno odlučeno do 2023. godine. Duži rad elektrane implicira i veću količinu iskorištenog nuklearnog goriva koje će trebati zbrinuti. Prema procjenama 2023. bit će potrebno zbrinuti oko devet tisuća tona radioaktivnog otpada i 870 tona istrošenog goriva. Bude li elektrana doista radila do 2043. te količine rastu na 10 200 tona radioaktivnog otpada i 1000 tona istrošenog goriva. Privremeno skladište elektrane napunjeno je do čak 95% nisko i srednje radioaktivnim otpadom, pa su u elektrani primorani rješavati problem skladištenja na druge načine.¹² Otpad se već dulje vrijeme najprije šalje na spaljivanje u Švedsku i u Francusku, odakle se vraća kao pepeo, podjednako radioaktivan, ali daleko manjeg volumena.¹³ Srednje i niskoradioaktivni otpad moći će se skladištiti unutar nuklearne elektrane najkasnije do 2025. godine. Slovenija je već odabrala lokaciju za svoje novo skladište, dok je na Hrvatskoj da odluči hoće li svoju polovinu otpada skladištiti u Hrvatskoj ili Sloveniji. Kao najizglednije rješenje dosad se spominjala Trgovska gora u općini Dvor.¹⁴

NE Krško u ovom trenutku proizvodi električnu energiju za oko 30 eura po megavatsatu, dok je tržišna cijena preko 60 eura. S ostalim troškovima, zbrinjavanja otpada, buduće razgradnje nuklearke trošak bi iznosio oko 33 eura.¹⁵

¹¹ <http://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-wastes/>

¹² <http://www.energetika-net.com/>

¹³ <https://www.dw.com/>

¹⁴ <http://www.poslovni.hr/>

¹⁵ <http://www.novilist.hr:8090/>

2.3. Eksterni troškovi proizvodnje električne energije s naglaskom na emisije ugljikova dioksida

Eksterni troškovi su troškovi koji nisu uključeni u izračun cijene električne energije. Njih ne plaća proizvođač električne energije, nego su ti troškovi nametnuti društvu kao cjelini.

Kako bi se postigao održivi razvoj, energetska sustava mora pratiti svijest o problematici zaštite okoliša povezane s energetikom. CO₂ je nazastupljeniji staklenički plin na području elektroenergetike, stoga se često i sve ostale emisije nastoje svesti na njegov ekvivalent.

Eksterni troškovi u elektroenergetici predstavljaju nekompenzirane štete koje se javljaju kao neželjene posljedice proizvodnje električne energije. Eksterni troškovi mogu se umanjiti izravnim mjerama zaštite okoliša, kao što su ekološki standardi i uređaji za smanjenje emisija, a kompenzirati pomoću ekonomskih instrumenata zaštite okoliša: uvođenjem emisijskih pristojbi i poreza te trgovanjem emisijskim dozvolama. Danas je u svijetu tendencija da se eksterni troškovi ne samo kompenziraju već i uključe u planiranje resursa. Eksterni trošak može se procijeniti na temelju troškova kontrole (tj. smanjenja emisija) ili troškova štete za okoliš, a uključiti u politiku zaštite okoliša primjenom težinskih faktora ili nekom vrstom “kažnjavanja”, bilo same tehnologije, bilo emisija.¹⁶

2.3.1. Načini određivanja eksternih troškova

Štete za okoliš i zdravlje zbog proizvodnje električne energije izazivaju eksterne troškove jer nisu kompenzirane cijenom električne energije. Preduvjet za uvođenje učinkovitog sustava zaštite okoliša je odrediti visinu eksternih troškova. Postoje dva osnovna načina za određivanje eksternih troškova: metodom troškova štete i metodom troškova kontrole.

2.3.1.1. Metoda troškova štete

Prema ovoj metodi, eksterni troškovi procjenjuju se na temelju stvarnih šteta u okolišu, što i jest najlogičnije rješenje. Znanstveno utemeljenim pristupom određuje se tzv. funkcija štete i odgovarajuća novčana vrijednost štete. Polazi se od uzroka štete (emisije polutanata) na nekoj lokaciji, prati njegova distribucija u okolišu, procjenjuje šteta izazvana u receptorima, kao i njezin

¹⁶ Tomšić, Ž. i Debrešin, N. i Vrankić, K. (2006) Eksterni troškovi proizvodnje električne energije i politika zaštite okoliša. Svučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva, godina 55, 2006. Zagreb: Fakultet elektrotehnike i računarstva

eksterni trošak. Otuda naziv metoda funkcije štete ili metoda slijeda utjecaja. Treba naglasiti da ovakav postupak nije bio oduvijek moguć, njegov je intenzivni razvoj započeo tek sredinom 1990-ih godina zahvaljujući napretku znanosti i računalne tehnike.

Metoda funkcije štete ima svojih nedostataka – rezultati umnogome ovise o lokaciji, vrlo je složena, zahtijeva veliku količinu ulaznih podataka i detaljno poznavanje mehanizama u okolišu, stoga se ne može primijeniti u procesima koje ne znamo (dovoljno dobro) modelirati. Najbolji primjer za to je proračun šteta globalnog zagrijavanja gdje se zbog velike nesigurnosti još uvijek uglavnom koristi jednostavniji pristup, tzv. metoda troškova kontrole. Pogotovo kontroverzan u metodi funkcije štete je zadnji korak, preračunavanje fizičkih i bioloških učinaka u novčane vrijednosti.

2.3.1.2. Metoda troškova kontrole

Eksterni troškovi po ovoj se metodi računaju na temelju ulaganja u mjere zaštite okoliša, potrebne za zadovoljenje postojećih ili budućih propisa. Općenito, princip je da se zada dopuštena ili ciljana razina onečišćenja i troškovi koji su potrebni da se taj cilj postigne. Eksterni trošak polutanta računa se kao omjer ulaganja u uređaj za pročišćavanje i smanjenja emisija koje se time postiže. Tako se npr. eksterni trošak sumpornog dioksida računa kao omjer troška za odsumporavanje i količine reduciranog sumpornog dioksida, a izračunava se u novčanim jedinicama po toni polutanta. Pretpostavka ovog pristupa je da se stvarna šteta za okoliš ionako ne može točno izračunati. Zato se pribjegava pojednostavnjenom principu. Uz pretpostavku da se društvo nalazi na optimumu ekonomske efikasnosti, propisane granične vrijednosti emisije odražavale bi spremnost društva da investiranjem u kontrolne tehnologije izbjegne štetu. Međutim, kako u stvarnosti propisane razine emisija nisu ekonomski optimalne, već su rezultat političke odluke, troškove štete nije uputno poistovjećivati s troškovima kontrole. Ovaj princip koristi se u slučajevima gdje je proračun šteta složen ili mehanizam nastanka štete nije dovoljno istražen, ili su velike nesigurnosti u procjeni štete, tj. kad metoda slijeda utjecaja nije primjenjiva. To je slučaj kod globalnog zagrijavanja gdje se razmjeri šteta i pripadni eksterni troškovi kreću u širokom rasponu jer su procjene posljedica vrlo nesigurne.

2.3.2. Eksterni troškovi emisija ugljikova dioksida

Kao što je i prethodno rečeno CO₂ je nazastupljeniji staklenički plin na području elektroenergetike, pa se često i sve ostale emisije nastoje svesti na njegov ekvivalent, stoga se šteta od globalnog zagrijavanja obično izražava po jedinici mase ispuštenog ugljičnog dioksida ili ispuštene mase ugljika, dakle kao EUR/tCO₂ ili EUR/tC. Do danas je izrađeno više desetaka studija u kojima procijenjene štete variraju čak unutar dvaju redova veličine. U okviru studije ExternE 97 procijenjeno je da će se šteta s 95 % vjerojatnosti naći u granicama 3,8 i 139 EUR/tCO₂ s najvjerojatnijim vrijednostima 18-46 EUR/tCO₂. Budući da termoelektrane na ugljen u prosjeku ispuštaju oko 0,9 kgCO₂/kWh, a termoelektrane na plin s kombiniranim ciklusom oko 0,4 kgCO₂/kWh, to bi cijena emisije u danim granicama za termoelektranu na ugljen značila eksterni trošak 1,6-4,1 eurocent/kWh, a za termoelektranu na plin 0,7-1,8 eurocent/kWh.¹⁷

3. TROŠKOVI PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ OBNOVLJIVIH IZVORA

Obnovljivi izvori povećavaju samoodrživost elektroenergetskog sustava u slučajevima eventualne energetske krize u proizvodnji električne energije koja je nekada bila ovisna o isporuci ugljena, plina i nafte.¹⁸ U prošlosti je korištenje OIE bilo ograničeno zbog mnogih barijera uključujući visoke početne troškove, ali danas su oni sve više troškovno konkurentni, te su ekonomičniji od proizvodnje iz fosilnih goriva na lokacijama sa dobrim resursima. Proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora dosegla je dosad najveću razinu iako fosilni izvori i dalje zauzimaju prvo mjesto. Nekad vrlo skupe i nekonkurentne tehnologije u odnosu na konvencionalne, danas su konkurentne jedna drugoj. Također, raste svijest o zagađenju okoliša, stoga se daju i poticaji na proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora. Udio obnovljivih izvora u svijetu u proizvodnji električne energije iznosi 21,7%, fosilnih 67,5% a nuklearnih 10,8%.

3.1. Usporedba troškova proizvodnje električne energije

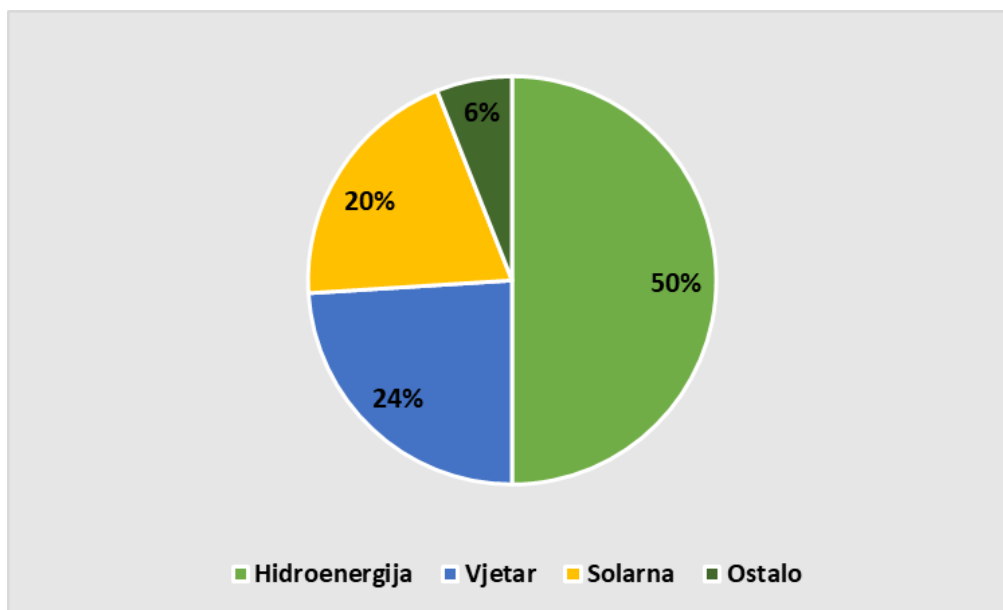
Tržišna konkurentnost rezultat je troškovne konkurentnosti odnosno troškova proizvodnje iz pojedinih izvora. Grafikon 1. prikazuje strukturu proizvodnje električne energije u svijetu iz

¹⁷ Feretić, D. (2000) Elektrane i okoliš, Sveuč. udžbenik, Zagreb: Element

¹⁸ <http://oie.mingorp.hr/>

pojedinih obnovljivih izvora u 2018. godini. Čak 50% proizvodnje dolazi iz hidroenergije a najmanje iz sunčeve energije koja čini 20%.

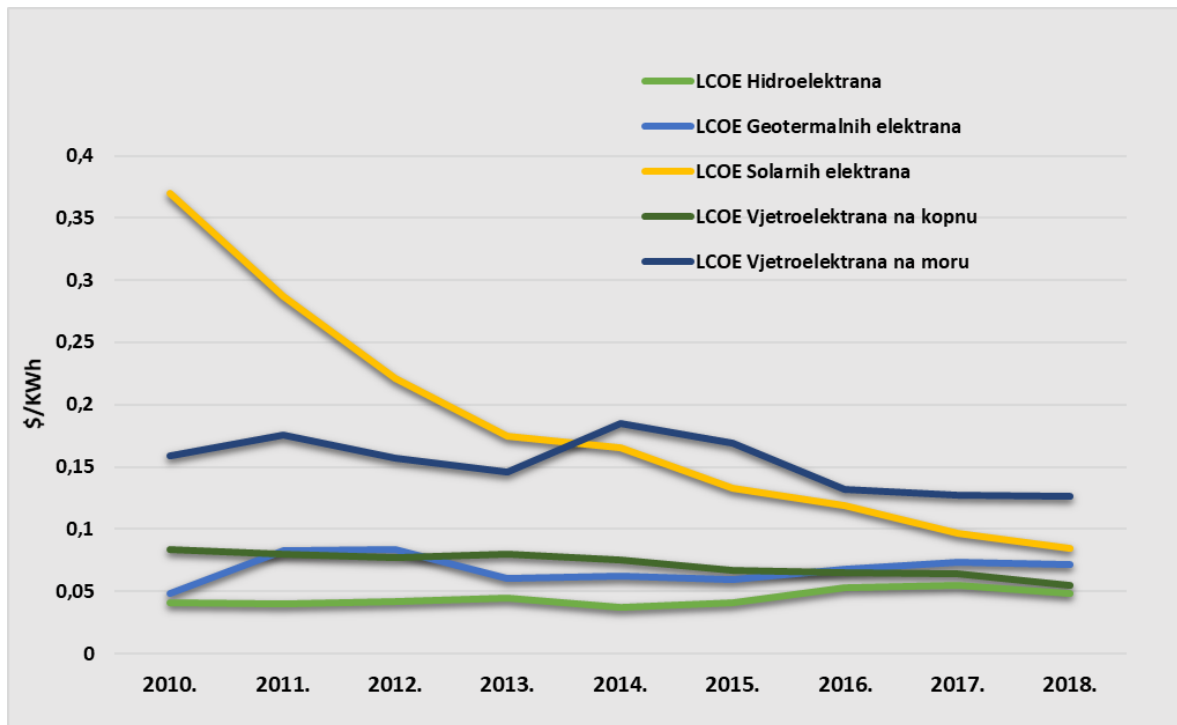
Grafikon 1. Struktura proizvodnje električne energije u svijetu iz pojedinih obnovljivih izvora u 2018. godini



Izvor: IRENA – International Renewable Energy Agency-<https://www.irena.org/Statistics/>

Grafikon 2 prikazuje nivelirane troškove hidroelektrana, geotermalnih i solarnih elektrana te vjetroelektrana na kopnu i moru od 2010. do 2018. godine. Iz grafikona je jasno je vidljivo kako su LCOE hidroelektrana najmanji a LCOE solarnih elektrana te vjetroelektrana na moru najveći. LCOE solarnih elektrana bilježe konstantan, drastičan pad cijena te 2013. godine postaju niži i od LCOE vjetroelektrana na moru. LCOE geotermalnih elektrana i vjetroelektrana na kopnu najsličniji su jedni drugima te ne bilježe ni drastične poraste a ni padove od 2010. do 2018. godine.

Grafikon 2. Usporedba LCOE različitih tipova elektrana od 2010. do 2018. u \$/KWh



Izvor: <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Costs/Global-Trends>

3.1.1. Troškovi proizvodnje električne energije iz vjetroelektrana

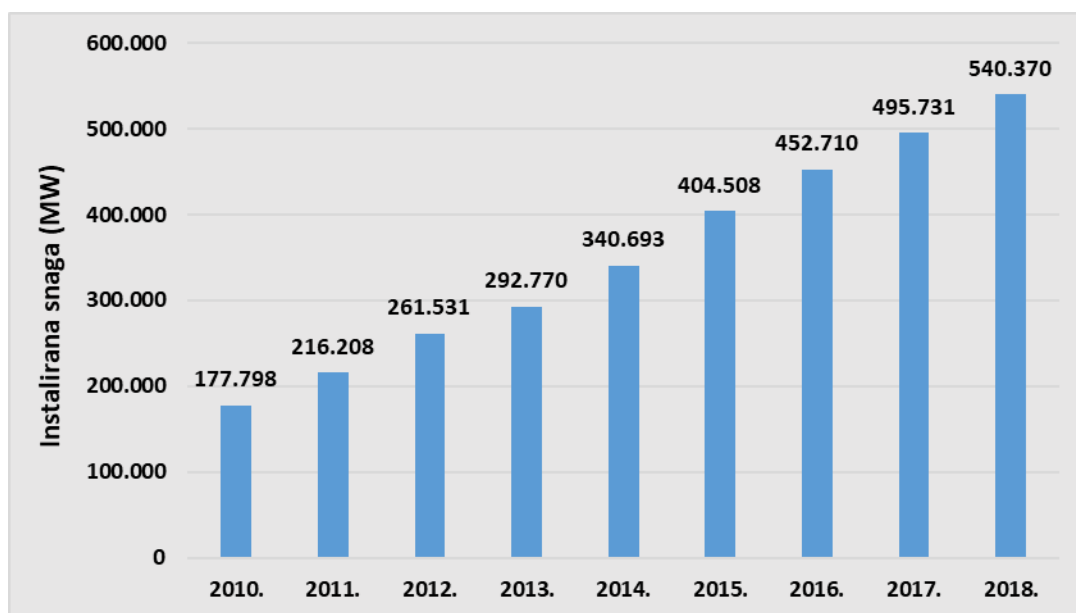
Energija vjetra, u posljednjih 15 godina, promovirala se u najbrže rastuću granu industrije na svijetu, te u jedan od izvora energije s kojim svaka elektroenergetska mreža mora računati u svom sustavu. Vjetroagregati su narasli do skoro nezamislivih dimenzija i postali su specijalizirani za skoro sve vrste terena i klimatskih uvjeta. Kombinirana visina stupa i lopatice na najvećim svjetskim vjetroagregatima dostiže visine i iznad 200 m, što je skoro dvije trećine visine Eiffelovog tornja. Standardne dimenzije vjetroagregata udvostručile su se u 15 godina, a snaga se povećala i do tri puta. Zbog razvijenosti tehnologije, učinkovitosti i ekonomike, vjetar trenutno izgleda kao najperspektivniji izvor energije budućnosti, ali je danas i značajan izvor električne energije jer je i proizvodnja električne energije iz energije vjetra najbrže rastuća od svih obnovljivih izvora.¹⁹ Temeljna karakteristika svake elektrane je njezina instalirana snaga koja se dobije kao aritmetički

¹⁹ <http://vjetroelektrane.com/>

zbroj naznačenih prividnih snaga s natpisnih pločica generatora ili nazivnih snaga primarnih pogonskih strojeva. Instalirana snaga je istovremeno i nazivna snaga elektrane. Elektrane mogu biti manjih snaga (nekoliko desetaka megavata), srednjih snaga i velikih snaga (od nekoliko stotina megavata pa do nekoliko tisuća megavata).

Grafikon 3 prikazuje instaliranu snagu vjetroelektrana u svijetu od 2010. godine do 2018. godine gdje je vidljiv znatan porast instalirane snage od početnih 178.798 MW u 2010. godini do 540.370 MW u 2018. godini.

Grafikon 3. Ukupna instalirana snaga vjetroelektrana u svijetu od 2010. do 2018. godine u MW



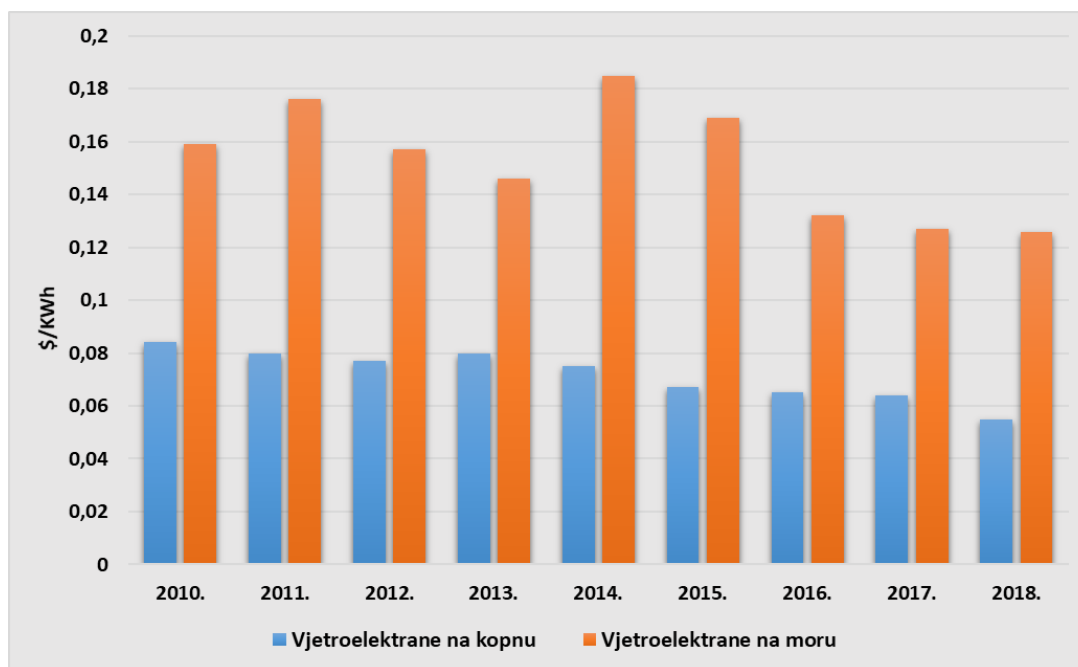
Izvor: IRENA – International Renewable Energy Agency-<https://www.irena.org/Statistics/>

Vjetroelektrane po lokaciji mogu biti smještene na kopnu (Onshore) i u moru (Offshore). Kopnene vjetroelektrane su te koje svojom cijenom proizvodnje mogu parirati konvencionalnim elektranama. Glavni troškovi vjetroelektrana su kapitalna ulaganja, troškovi financiranja, troškovi pogona i održavanja. Uz troškove važna je i očekivana godišnja proizvodnja električne energije.²⁰ U kapitalna ulaganja spadaju cijena vjetroturbine, izgradnja dodatne infrastrukture, priključci na mrežu i ostali kapitalni troškovi (dozvole, nadzor, itd.). Kod priobalnih elektrana udio troška turbine iznosi 30 do 50% a kod kopnenih 64 do 84%, a znatno su veći udjeli priključka na mrežu

²⁰ IRENA, „Renewable Power Generation Costs in 2018.”

i izgradnje dodatne infrastrukture što je sasvim logično zbog samog položaja i pristupačnosti priobalnih vjetroelektrana. Na grafikonu 4 je prikazana usporedba troškova u vjetroelektranama na kopnu i moru od 2010. do 2018.

Grafikon 4. Troškovi u vjetroelektranama na kopnu i moru od 2010. do 2018. u \$/KWh

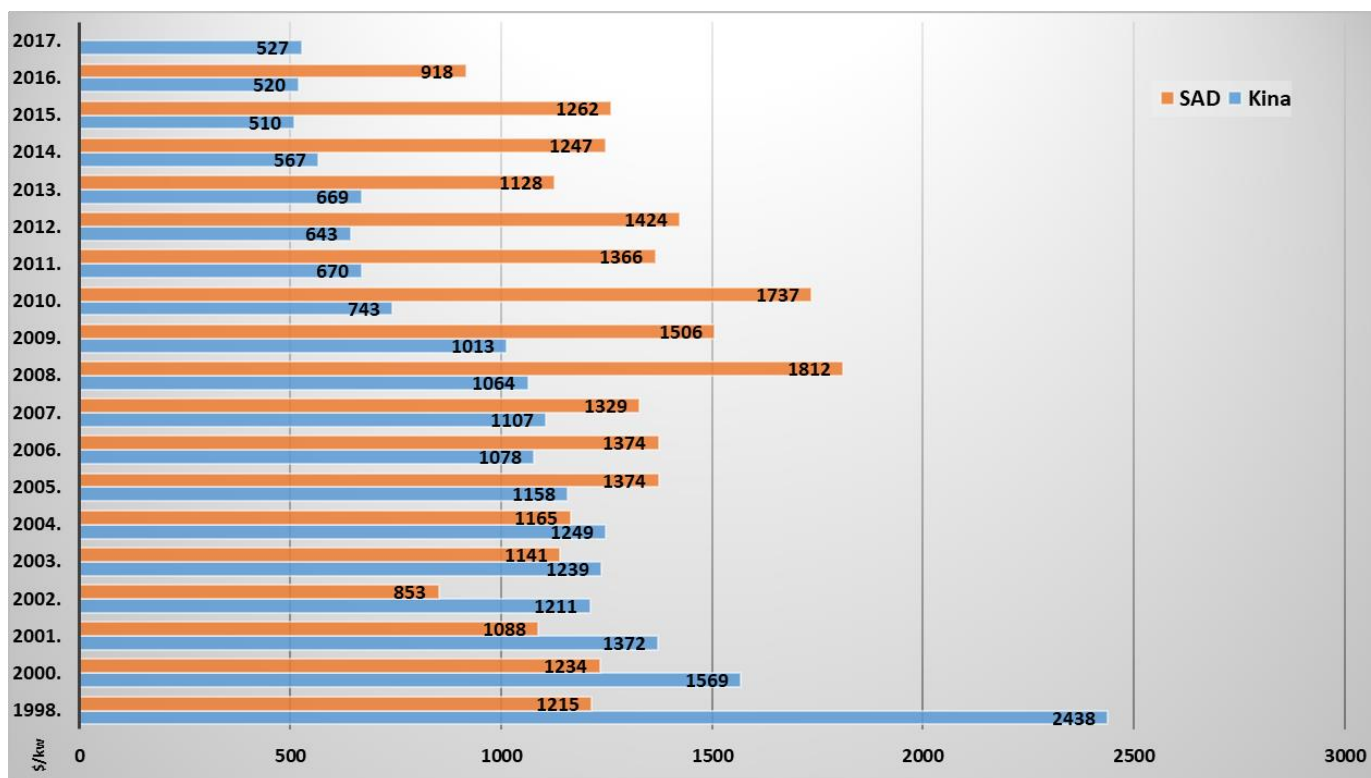


Izvor: IRENA – International Renewable Energy Agency-<https://www.irena.org/Statistics/>

Najbitniji faktor kapitalnih ulaganja kod vjetroelektrana je cijena turbine na koju može otpasti i do 84% ukupnih kapitalnih ulaganja. Pod cijenu turbine spada njena proizvodnja, transport i ugradnja. Cijena vjetroturbine dosegla je svoj vrhunac 2008. godine i u SAD-u je bila 1812 \$/kW, u Kini 1064 \$/kW a u Europi 1890 \$/kW.²¹ U Kini su cijene vjetroturbina znatno jeftinije, stoga ne čudi da je Kina u uvjerljivom vodstvu po instaliranoj snazi vjetroelektrana. Na grafikonu je prikazana razlika u cijeni vjetroturbine u Kini i SAD-u u razdoblju od 1998. do 2017. godine.

²¹ IRENA, „Renewable Power Generation Costs in 2017.

Grafikon 5. Troškovi vjetroturbine u Kini i SAD-u u razdoblju od 1998. do 2017. u \$/KW



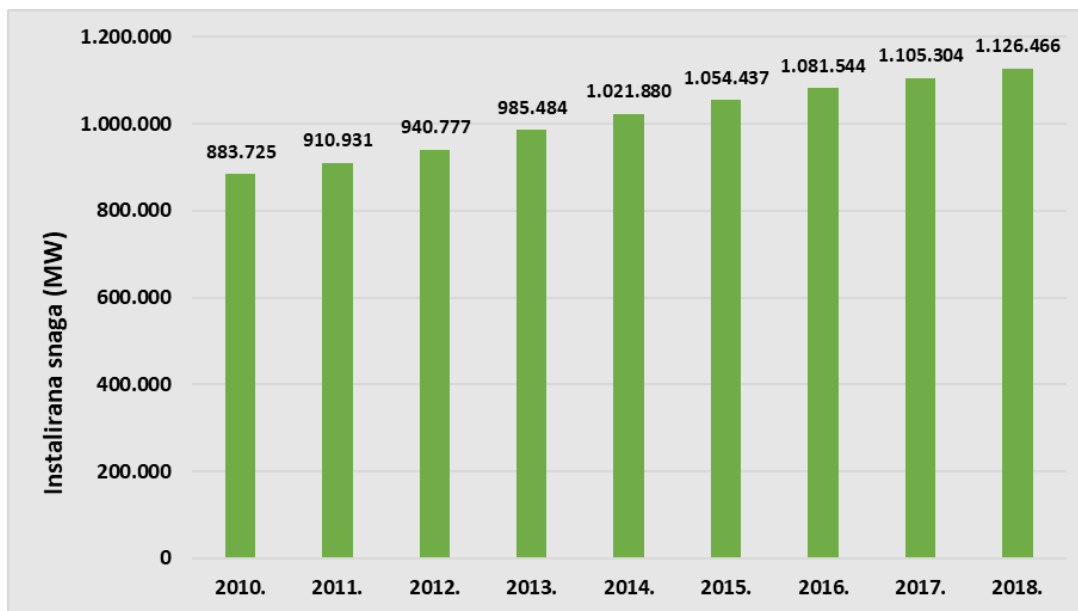
Izvor: IRENA – International Renewable Energy Agency-<https://www.irena.org/Statistics/>

3.1.2. Troškovi proizvodnje električne energije iz hidroelektrana

Hydroenergija je vrlo razvijena tehnologija proizvodnje električne energije koja proizvodi električnu energiju po jednoj od najnižih cijena u odnosu na sve izvore i najveći je obnovljivi izvor energije. Ne spadaju sve hidroelektrane u nekonvencionalne elektrane (elektrane iz obnovljivih izvora). Postoje male i velike hidroelektrane, a koje se najviše razlikuju po utjecaju koji imaju na okoliš. Za razliku od malih, velike hidroelektrane predstavljaju velike građevine u svijetu, a koje u značajnoj mjeri utječu na svijet oko njih odnosno pridonose zagađenju okoliša za razliku od ostalih nekonvencionalnih elektrana odnosno elektrana iz obnovljivih izvora energije. No nisu sve hidroelektrane nekonvencionalne. Velike hidroelektrane spadaju u konvencionalne, ali zbog lakšeg pregleda troškova proizvodnje električne energije sve su svrstane u nekonvencionalne, odnosno, elektrane obnovljivih izvora energije. Osim za proizvodnju električne energije služe i

kao spremište vode, za navodnjavanje i kontrolu od poplava. Također, hidroelektrane doprinose stabilnosti elektroenergetskog sustava, dajući po potrebi više ili manje snage u sustav.²² Na grafikonu 6 je prikazana ukupna instalirana snaga hidroelektrana u svijetu od 2010. do 2018. godine.

Grafikon 6. Ukupna instalirana snaga hidroelektrana u svijetu od 2010. do 2018. godine u MW



Izvor: IRENA – International Renewable Energy Agency-<https://www.irena.org/Statistics>

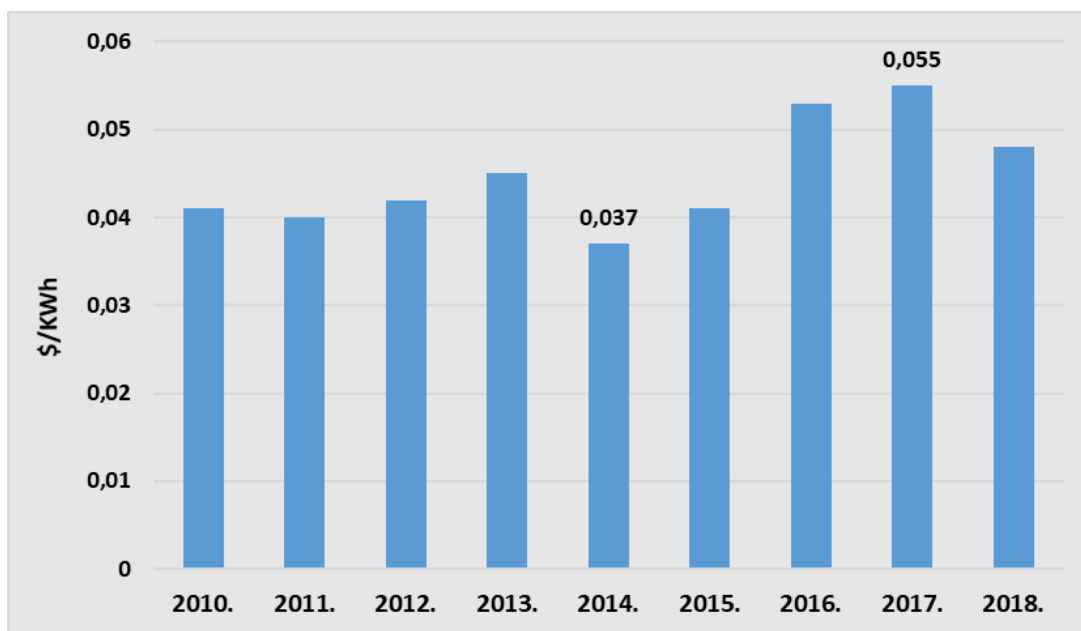
Kapitalni trošak hidroelektrana varira ovisno o dizajnu hidroelektrana, ovisno jesu li dizajnirane kao temeljne elektrane, ili služe za pokrivanje vršnih snaga. Glavne stavke kapitalnog troška su građevinski radovi i troškovi elektromehaničke opreme. Na građevinske radove otpada najveći dio instalacijskih troškova, negdje i do 50% ovisno o pristupačnosti, dok elektromehanička oprema ovisno o veličini elektrane (skuplje za manje elektrane) može zauzimati od 18% pa sve do 50% ukupnih troškova. Zajedno, građevinski radovi i elektromehanička oprema čine većinu ukupnih kapitalnih troškova hidroelektrane.

Ukupni instalacijski troškovi za velike hidroelektrane iznose od 1000 \$/kW do 3500 \$/kW. Međutim, uvijek postoje iznimke. Pa tako instalacija elektrane na već postojeću branu koja je bila

²² <https://www.ekologija.com.hr/>

izgrađena za druge svrhe imat će troškove oko 450 \$/kW, dok projekti na udaljenim mjestima mogu koštati i do 3500 \$/kW. Ukupni instalacijski troškovi najmanji su u Kini i Indiji, a najveći u Srednjoj Americi i na Karibima. Grafikon 7 prikazuje nivelirane troškove proizvodnje u hidroelektranama u razdoblju između 2010. do 2018.

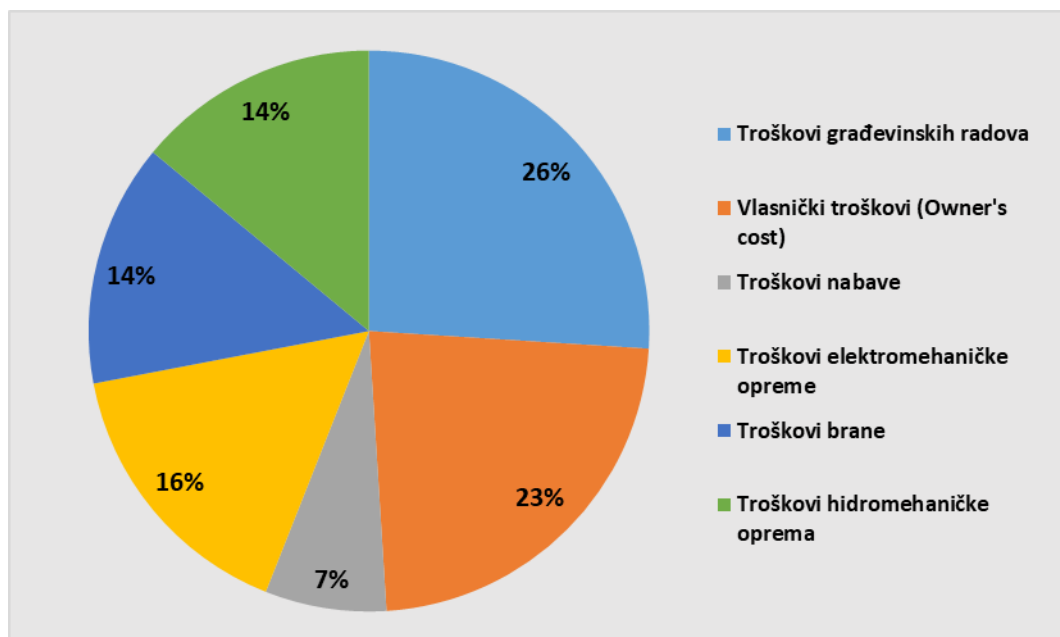
Grafikon 7. LCOE hidroelektrana od 2010. do 2018. u \$/KWh



Izvor: IRENA – <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Costs/Global-Trends>

Grafikon 8 prikazuje podjelu troškova u hidroelektrani snage 500 MW od kojih najveći postotak odlazi na troškove građevinskih radova, čak 26% a najmanji postotak na troškove nabave, samo 7% troškova.

Grafikon 8. Podjela troškova u hidroelektrani snage 500 MW



Izvor: IRENA – International Renewable Energy Agency-<https://www.irena.org/Statistics/>

Godišnji troškovi upravljanja i održavanja za hidroelektrane iznose od 1% do 4% od investicijskih troškova po godini. Prema Međunarodnoj energetskej agenciji (eng. International Energy Agency - IEA) godišnji troškovi upravljanja i održavanja kreću se na razini od oko 2,2% investicijskih troškova za velike i od 2,2% do 3% za male hidroelektrane.

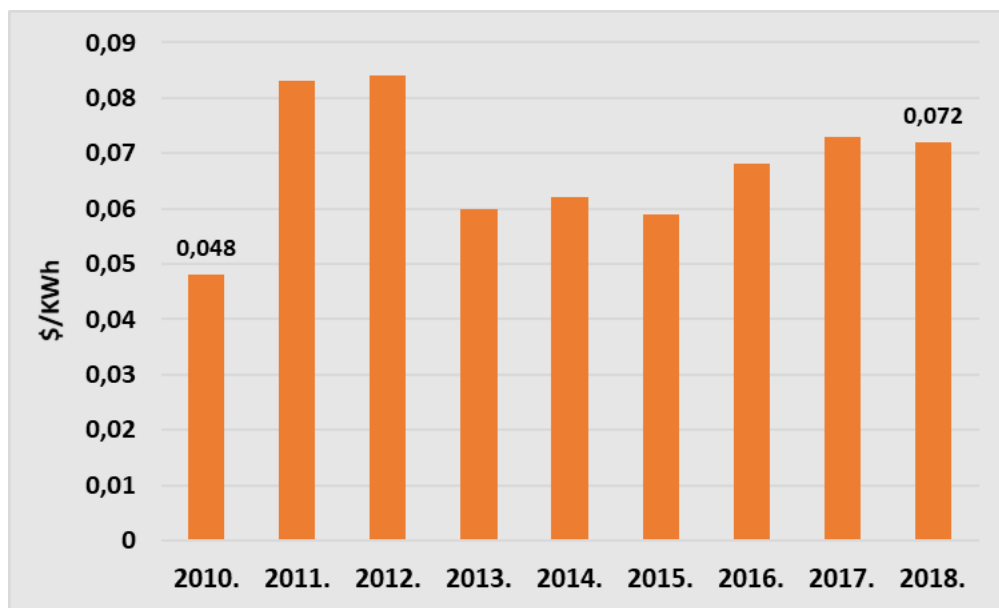
3.1.3. Troškovi proizvodnje električne energije iz geotermalnih elektrana

Za proizvodnju električne energije iz geotermalnih elektrana koriste se vruća voda i para iz Zemlje za pokretanje generatora, pa prema tome nema spaljivanja fosilnih goriva i kao rezultat nema štetnih emisija plinova u atmosferu, ispušta se samo vodena para. Dodatna prednost je u tome što se takve elektrane mogu implementirati u najrazličitijim prirodnim okruženjima. Princip rada je jednostavan: hladna voda upumpava se na vruće granitne stijene koje se nalaze blizu površine, a van izlazi vruća para na iznad 200 °C i pod visokim pritiskom ta para onda pokreće generatore. Trenutno se koriste tri osnovna tipa geotermalnih elektrana: geotermalne elektrane sa suhom parom, s isparavanjem i elektrane s binarnim ciklusom.²³

²³ <https://www.hrastovic-inzenjering.hr/>

Geotermalne elektrane imaju visoke kapitalne troškove, ali vrlo niske i predvidive troškove rada. Ukupni instalacijski troškovi sastoje se od troškova istraživanja i procjena resursa, troškova bušenja, površinske infrastrukture, sustava za prikupljanje i odlaganje geotermalne tekućine, elektrane i povezanih troškova te troškova razvoja i povezivanja na mrežu. Troškovi razvoja i inženjeringa, troškovi izgradnje kao i troškovi bušenja su porasli tokom godina pa su tako i ukupni instalacijski troškovi između porasli za 60% do 70%.²⁴ Kapitalni troškovi mogu dosegnuti do 65% ukupnih troškova geotermalne elektrane. Grafikon 9 prikazuje nivelirane troškove proizvodnje u geotermalnim elektranama u razdoblju između 2010. do 2018.

Grafikon 9. LCOE geotermalnih elektrana od 2010. do 2018. u \$/KWh

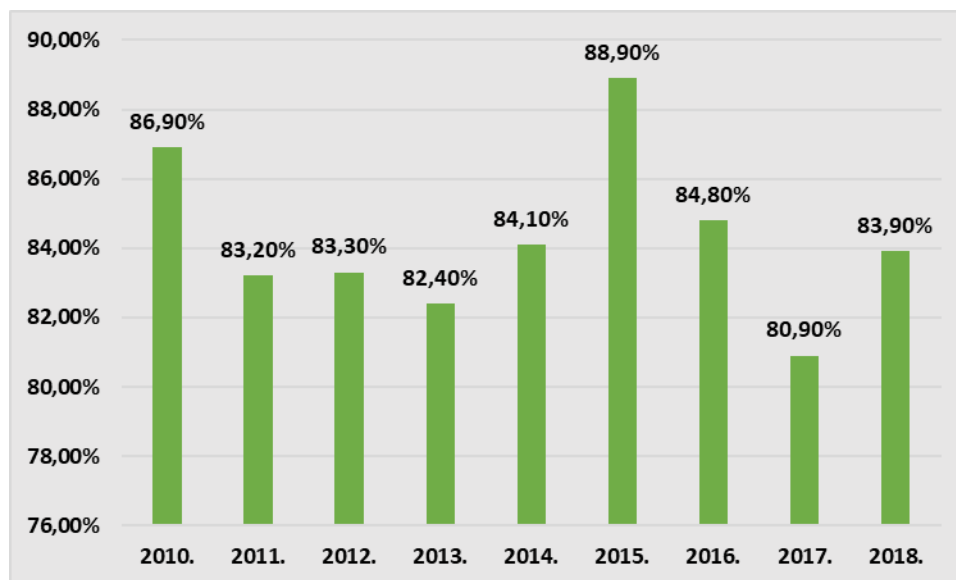


Izvor: <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Costs/Global-Trends>

Grafikon 10 prikazuje rast kapaciteta geotermalnih elektrana u razdoblju od 2010. do 2018. godine. Faktor kapaciteta geotermalnih elektrana uobičajeno se kreće između 80% i 90% kao što je i prikazano na grafikonu pri čemu prednjači nad drugim obnovljivim izvorima od kojih je znatno veći.

²⁴ IRENA – International Renewable Energy Agency-<https://www.irena.org/Statistics/>

Grafikon 10. rast kapaciteta geotermalnih elektrana od 2010. do 2018.



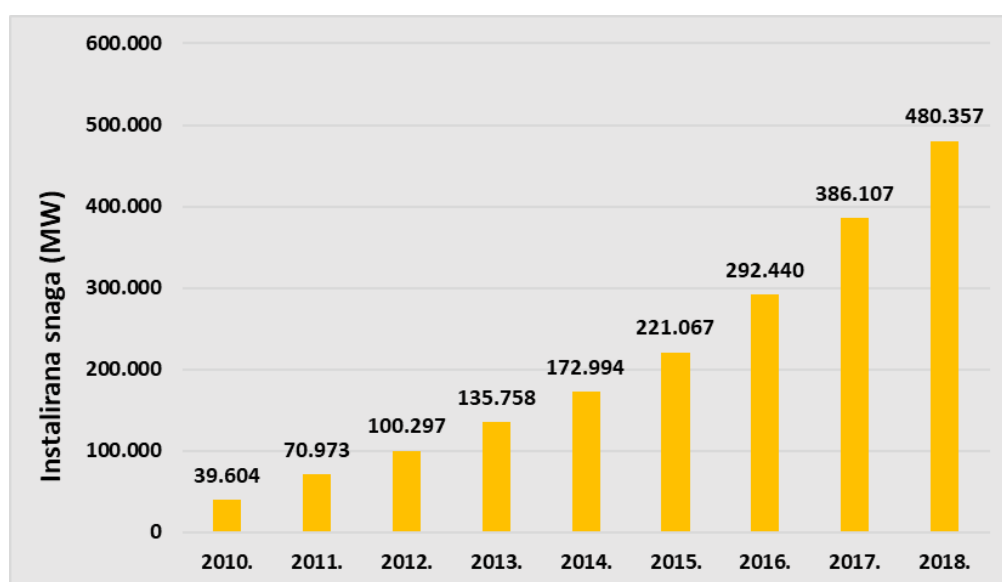
Izvor: <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Costs/Global-Trends>

Geotermalno ležište ima nekoliko faza koje utječu na kapitalne troškove, prva je da se točno odredi gdje ima geotermalne vode (faza istraživanja), druga faza je potvrda mogućnosti proizvodnje energije (faza potvrđivanja) i treća faza je gradnja elektrane i pripadajućih struktura (faza razvoja). Istraživačka faza obuhvaća potragu za lokacijama geotermalnih ležišta koja mogu omogućiti dovoljnu količinu energije za rad elektrane. Počinje sa raznim geološkim studijama geotermalnog polja, a završava bušenjem geotermalne bušotine. Faza potvrđivanja sadrži dodatna bušenja proizvodnih bušotina, i testiranja protoka geotermalnog fluida, sve dok se ne utvrdi otprilike 25% potrebnih resursa za proizvodnju. Uključuje i bušenje utisnih bušotina ili bušotina gdje će se geotermalni fluid odlagati nakon prolaska kroz elektranu. Cijena faze je oko 150 \$/kW, i od toga 80% otpada na bušotine. Svi ovi troškovi ovise o brzini utvrđivanja potencijala geotermalnog polja i potvrđivanja njegove iskoristivosti. Svaki zastoj u bušenju ili dobivanju dozvola može rapidno povećati ukupne troškove ovih početnih faza. Ako bi gledali zajedno fazu istraživanja i potvrđivanja troškovi se penju do 250\$/kW. Treća faza, faza razvoja sadrži sve ostale troškove do početka rada elektrane. Uključuje dizajn elektrane, izbor najprikladnijih tehnologija, bušenje i testiranje, konstrukciju elektrane, opremanje elektrane i spajanje elektrane na mrežu.

3.1.4. Troškovi proizvodnje električne energije iz solarnih elektrana

Solarne elektrane proizvode električnu energiju pretvarajući Sunčevu energiju u visokotemperaturnu toplinu, koristeći pokretna ogledala, dok se toplina kanalizira do konvencionalnih generatora. Solarna energija koristi se širom svijeta i sve je popularnija za proizvodnju električne energije, a ukupna instalirana snaga solarnih elektrana sve je veća što je vidljivo i iz sljedećeg grafa. Na grafikonu 11 prikazana je ukupna instalirana snaga solarnih elektrana u svijetu od 2010. do 2018. godine gdje je vidljiv je značajan porast sa 39.604 MW instalirane snage u 2010. godini na 480.357 MW instalirane snage u 2018. godini.

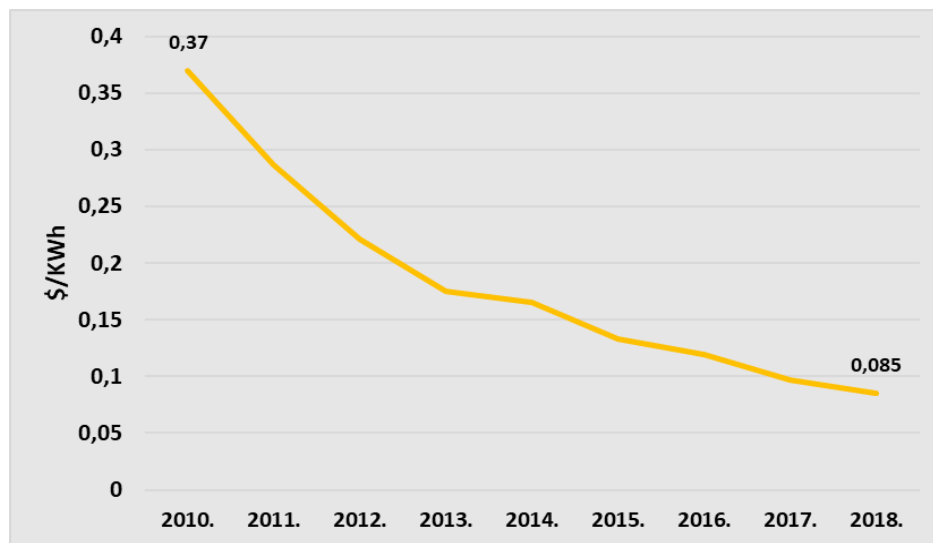
Grafikon 11. Ukupna instalirana snaga solarnih elektrana u svijetu od 2010. do 2018. god. u MW



Izvor: IRENA – International Renewable Energy Agency-<https://www.irena.org/Statistics>

Sljedeći grafikon prikazuje nivelirane troškove proizvodnje u solarnim elektranama u razdoblju između 2010. do 2018.

Grafikon 12. LCOE solarnih elektrana od 2010. do 2018. u \$/KWh



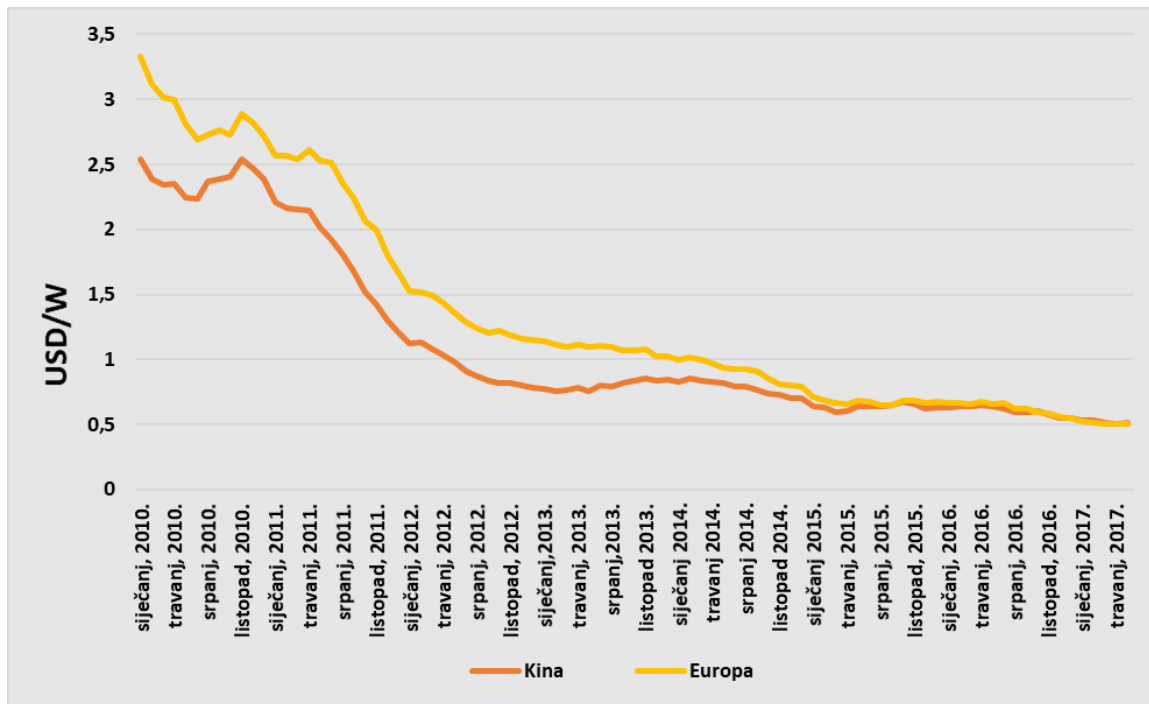
Izvor: <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Costs/Global-Trends>

Grafikon 12 prikazuje konstantan i dugotrajan pad troškova električne energije iz solarnih elektrana koji se nastavlja i u 2018. godini. U samo 8 godina LCOE solarnih elektrana pali su s 0,37 \$/KWh u 2010. godini na 0,085 \$/KWh u 2018. godini

Kapitalni troškovi ulaganja

Prosječna cijena za nedavno izgrađene PV elektrane snage 25.145MW u Europi (Nemačka, Francuska, Italija, Bugarska i Rumunjska) je 2.27 milijuna EUR/MW. Velika razlika u cijeni je uglavnom vezana za cijenu PV modula. Skuplji PV moduli imaju bolje karakteristike kao npr. veću efikasnost. Iako su određeni PV moduli skuplji, njihova proizvodnja električne energije je veća zbog veće efikasnosti. Grafikon 13 prikazuje cijene PV modula po watu po mjesecima od 2010. do 2017. godine u Europi i Kini.

Grafikon 13. Cijene PV modula po mjesecima od 2010. do 2017. godine u Euripi i Kini



Izvor: IRENA – International Renewable Energy Agency-<https://www.irena.org/Statistic>

3.2. Komparativna analiza fiksih i varijabilnih troškova proizvodnje

Općenito troškove proizvodnje dijelimo na fiksne i varijabilne. Fiksni troškovi ne ovise o količini proizvedene energije, konstantni su te uključuju sljedeće komponente: investicijske troškove – početni kapital, diskontna stopa, način kreditiranja itd. Fiksni dio troškova pogona i održavanja – plaće radnicima, porezi, itd.

Varijabilni troškovi ovise o količini proizvedene energije te uključuju sljedeće komponente: varijabilni dio troškova pogona i održavanja – trošak rada i remonta, te gorivo ovisno o broju sati rada. Fiksni i varijabilni troškovi pomažu pri donošenju odluke o investiranju u pojedinu tehnologiju.

3.2.1. Fiksni troškovi

Tablica 1 prikazuje investicijske troškove u M€/MW za različite vrste elektrana iz obnovljivih izvora. Najveće investicijske troškove imaju offshore vjetroelektrane s 3,1 M€/MW, a najmanje kogeneracijska postrojenja na bioplin s 1 do 1,5 M€/MW.

Tablica 1. Primjeri investicijskih troškova za razne tehnologije

| Vrsta proizvodnog postrojenja | Investicijski trošak (M€/MW) |
|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Vjetroelektrana - onshore | 1,4 |
| Vjetroelektrana - offshore | 3,1 |
| Fotonaponska elektrana | 1,5-2,5 |
| Kogeneracijsko postrojenje na biomasu | 2,5-6,0 |
| Kogeneracijsko postrojenje na bioplin | 1,0-1,5 |

Izvor:https://energiatalgud.ee/img_auth.php/4/42/Energinet.dk._Technology_Data_for_Energy_Plants._2012.pdf

Investicijski troškovi odnose se na: planiranje, projektiranje i izgradnju, a značajno variraju ovisno o vrsti i tipu postrojenja. Period otplate početne investicije najčešće se kreće između 10 i 20 godina pa naviše. Investicijski troškovi u vjetroelektrana i sunčanih elektrana nešto su viši uz tendenciju smanjenja s napretkom razvoja tehnologije. Specifični investicijski troškovi u direktnoj su ovisnosti o tehnološkoj razvijenosti i kompleksnosti pa tako nerazvijene tehnologije poput elektrana na plimu i oseku i razvijene poput akumulacijskih hidroelektrana i nuklearnih elektrana imaju znatno više troškove. Odabir odgovarajuće diskontne stope vrlo je bitan zbog toga što primjena niske diskontne stope može rezultirati vrijednošću imovine koja je veća od knjigovodstvene vrijednosti priznate u bilanci subjekta. Nasuprot tome, primjena visoke stope može rezultirati umanjenjem vrijednosti imovine jer će nadoknativa vrijednost biti niža od knjigovodstvene vrijednosti.

3.2.1.1. Fiksni troškovi pogona i održavanja

Fiksni troškovi pogona odnose se na troškove koji se konstantno ponavljaju svake godine, poput plaća radnika, poreza, osiguranja, a fiksni troškovi održavanja odnose se na planirane godišnje

troškove, koji su unaprijed određeni za svaku godinu, poput redovnih godišnjih servisa i troškova nadzora. Svi ovi troškovi postoje tokom cijelog životnog vijeka elektrane i razlikuju se ovisno o vrsti proizvodnog postrojenja.

Tablica 2 prikazuje fiksne troškove pogona i održavanja gdje najviše troškove imaju elektrane na energiju valova, a najniže troškove reverzibilne hidroelektrane.

Tablica 2. Primjeri fiksnih troškova pogona i održavanja

| Vrsta proizvodnog postrojenja | Fiksni O&M (€/MW/god) |
|---------------------------------------|----------------------------------|
| Reverzibilna hidroelektrana | 6.000-12.000 |
| Kogeneracijsko postrojenje na biomasu | 29.000-40.000 |
| Stirlingov motor | 32.000 |
| Električni bojler | 1.100 |
| Kogeneracijsko postrojenje na otpad | 54.000 |
| Elektrana na energiju valova | 85.000 |

Izvor:https://energiatalgud.ee/img_auth.php/4/42/Energinet.dk._Technology_Data_for_Energy_Plants._2012.pdf

3.2.2. Varijabilni troškovi

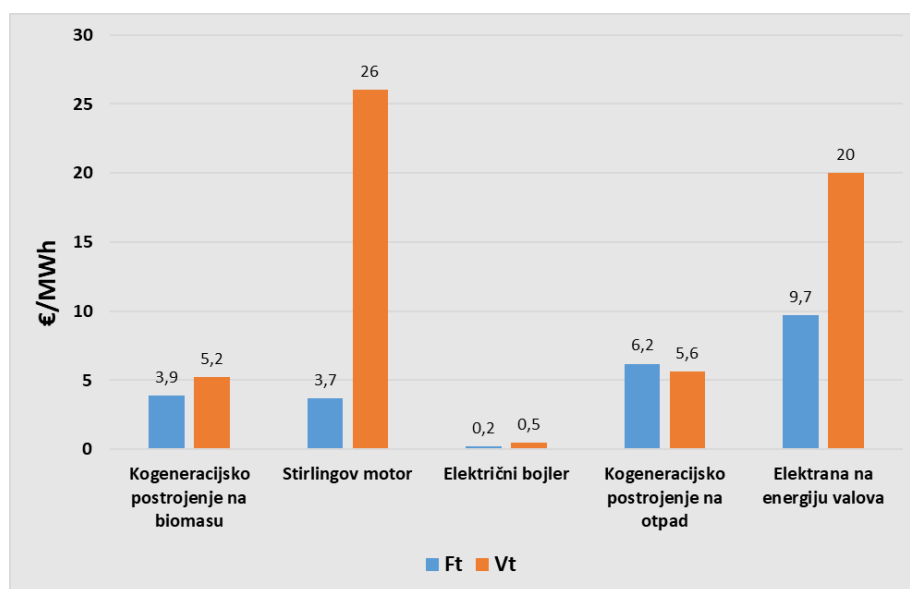
Varijabilni troškovi pogona i održavanja ovise o količini proizvedene energije te uključuju potrošne materijale poput nabave filtera, vapnenca, zamjene dotrajalih materijala pojedinih dijelova postrojenja, itd. Troškovi goriva odnose se na nabavu goriva po tržišnoj ili bilateralnoj cijeni te nekonvencionalne elektrane poput vjetroelektrana i sunčanih elektrana nemaju gotovo nikakve troškove goriva te kod njih troškovi pogona i održavanja predstavljaju najveći dio varijabilnih troškova. Iz tablice 3 je vidljivo kako su najveći varijabilni troškovi pogona i održavanja kod fotonaponskih elektrana, a najmanji kod kogeneracijskih postrojenja na otpad.

Tablica 3. Primjeri varijabilnih troškova pogona i održavanja (bez goriva)

| Vrsta proizvodnog postrojenja | Varijabilni O&M (€/MWh) |
|---------------------------------------|-------------------------|
| Kogeneracijsko postrojenje na otpad | 5,6 |
| Kogeneracijsko postrojenje na biomasu | 3,9-6,4 |
| Stirlingov motor ²⁵ | 26 |
| Električni bojler | 0,5 |
| Elektrana na energiju valova | 20 |
| Kogeneracijsko postrojenje na bioplin | 7,4-11,0 |
| Vjetroelektrana | 14-19 |
| Fotonaponska elektrana | 34 |

Izvor:https://energiatalgud.ee/img_auth.php/4/42/Energinet.dk._Technology_Data_for_Energy_Plants._2012.pdf

Grafikon 14. Usporeba fiksnih i varijabilnih troškova pogona i održavanja u €/MWh



Izvor:https://energiatalgud.ee/img_auth.php/4/42/Energinet.dk.TechnologyDataforEnergyPlants

²⁵ Stirlingov motor - za razliku od suvremenih motora na fosilna goriva, radi se o motoru s vanjskim izgaranjem. To znači da u motoru ništa ne gori, nema eksplozija, pa tako nema gotovo nikakve opasnosti za onoga tko koristi motor. Kao izvor topline mogu poslužiti bilo kakva goriva ili drugi izvori topline, kao što su koncentrirano zračenje Sunca, toplina termalnih izvora, toplina iz termičkih akumulatora na bazi latentne topline, toplina oslobođena nuklearnom reakcijom itd. Ime je dobio prema škotskom izumitelju Robertu Stirlingu.

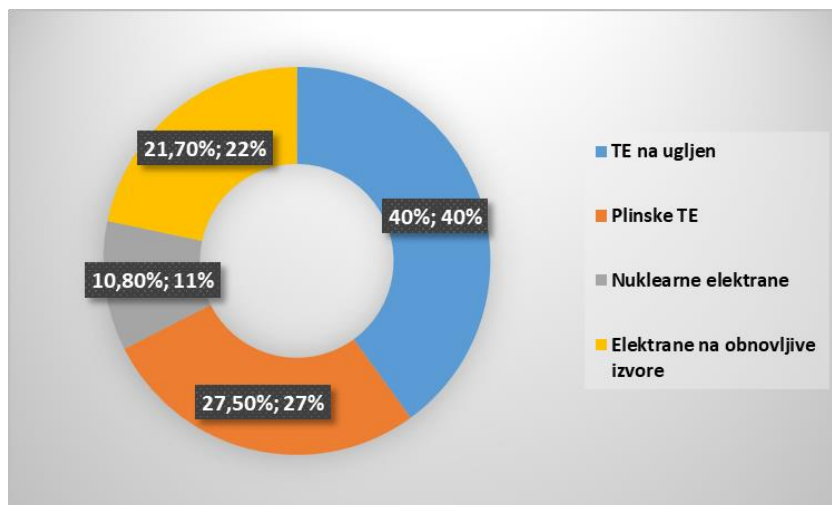
Iz grafikona 14 je jasno vidljivo kako su varijabilni troškovi puno veći u odnosu na fiksne u svim segmentima osim kod kogeneracijskog postrojenja na otpad gdje su neznatno manji s 5,6 €/MWh u odnosu na fiksne koji iznose 6,2 €/MWh. Najveće varijabilne troškove ima Stirlingov motor s čak 26 €/MWh a najmanje električni bojler s 0,5 €/MWh. Najveće fiksne troškove ima elektrana na energiju valova s 9,7 €/MWh dok su najmanji troškovi opet kod električnog bojlera a iznose 0,2 €/MWh.

4. TROŠKOVI PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ FOSILNIH IZVORA

Nestabilnost cijena i rizik koji pogađaju današnje tržište energetske sirovine pokazuju sve manje mogućnosti za osiguravanje dostatnih količina potrebnih za neprekinutu proizvodnju električne energije, koja bi pratila svjetske trendove u potrošnji.²⁶ No, unatoč tome prirodni plin, nafta, naftni derivati i ugljen još uvijek predstavljaju temelj proizvodnje električne energije na svjetskoj razini. Iako se bilježi značajan porast proizvodnje iz nekonvencionalnih elektrana, konvencionalne elektrane i dalje vladaju tržištem električne energije. Konvencionalne elektrane odnosno elektrane iz fosilnih izvora imaju svoje prednosti, zbog kojih zauzimaju najveći udio u svjetskoj proizvodnji električne energije, ali imaju i svoje nedostatke kao što je konstantna opskrba gorivom što doprinosi troškovima pogona. Cijene goriva ovise o raznim lokalnim i globalnim parametrima, kao što je dostupnost goriva i vrsta, čistoća goriva, globalna ekonomska situacija, lokalne cijene, itd. Grafikon 15 prikazuje koliko se električne energije proizvodi iz pojedinih izvora, pa je tako vidljivo kako najveći postotak odlazi na TE na ugljen sa čak 40% te plinske termoelektrane na koje odlazi 27, 5%.

²⁶ <http://www.nemis.hr/>

Grafikon 15. Proizvodnja električne energije iz pojedinih izvora



Izvor: <https://www.iea.org/>

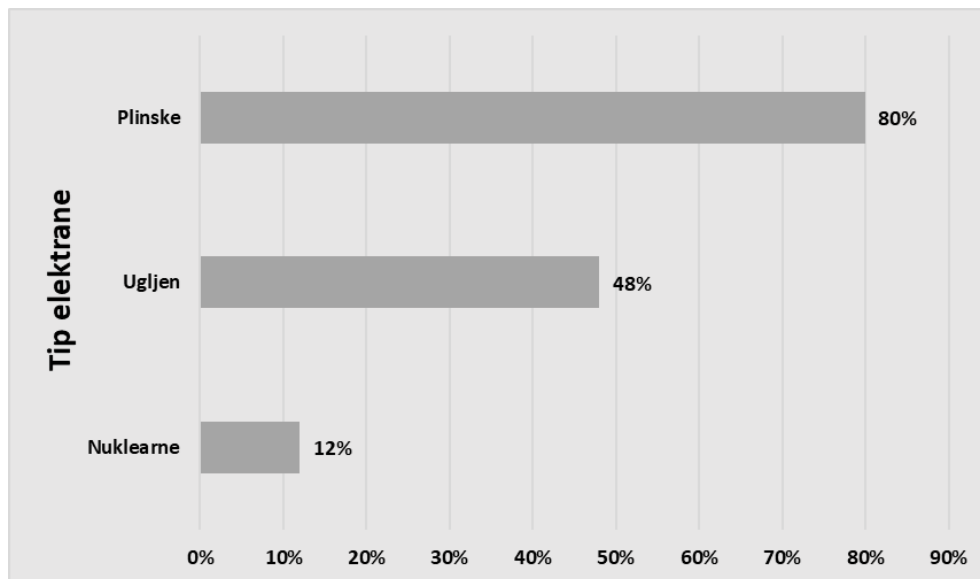
4.1. Troškovi goriva u strukturi troškova proizvodnje električne energije

Globalne cijene goriva, posebice nafte i plina, izuzetno su nestabilne kroz povijest. Ratovi i nesigurnost na Bliskom Istoku i smanjenje razine opskrbe u drugim dijelovima svijeta pomogli su povećavanju cijena nafte. Cijene plina povezane su s cijenama nafte na mnogim tržištima širom svijeta, stoga rastuće cijene nafte povećavaju i cijene plina. Stalno poskupljenje fosilnih goriva povećava troškove električne energije proizvedene iz elektrana koje izgaraju ugljen, naftu i plin. Promjenjivost cijena goriva, koja dovodi do naglog rasta troškova goriva može imati negativan utjecaj na gospodarsku aktivnost.²⁷

Struktura cijene bitno je ovisna o tipu elektrane. Nuklearne elektrane karakteriziraju visoki investicijski troškovi, ali niski troškovi goriva. Suprotnu strukturu imaju elektrane na naftu i naročito na plin s niskim specifičnim investicijama, ali skupim gorivom. Elektrane na ugljen su negdje između. Udio troškova goriva u ukupnim troškovima u različitim tipovima elektrana prikazana je sljedećim grafikonom 16.

²⁷ Breeze, P. (2010.) The Cost of Power Generation

Grafikon 16. Udio troškova goriva u ukupnim troškovima u različitim elektranama



Izvor: <http://www.nemis.hr/>

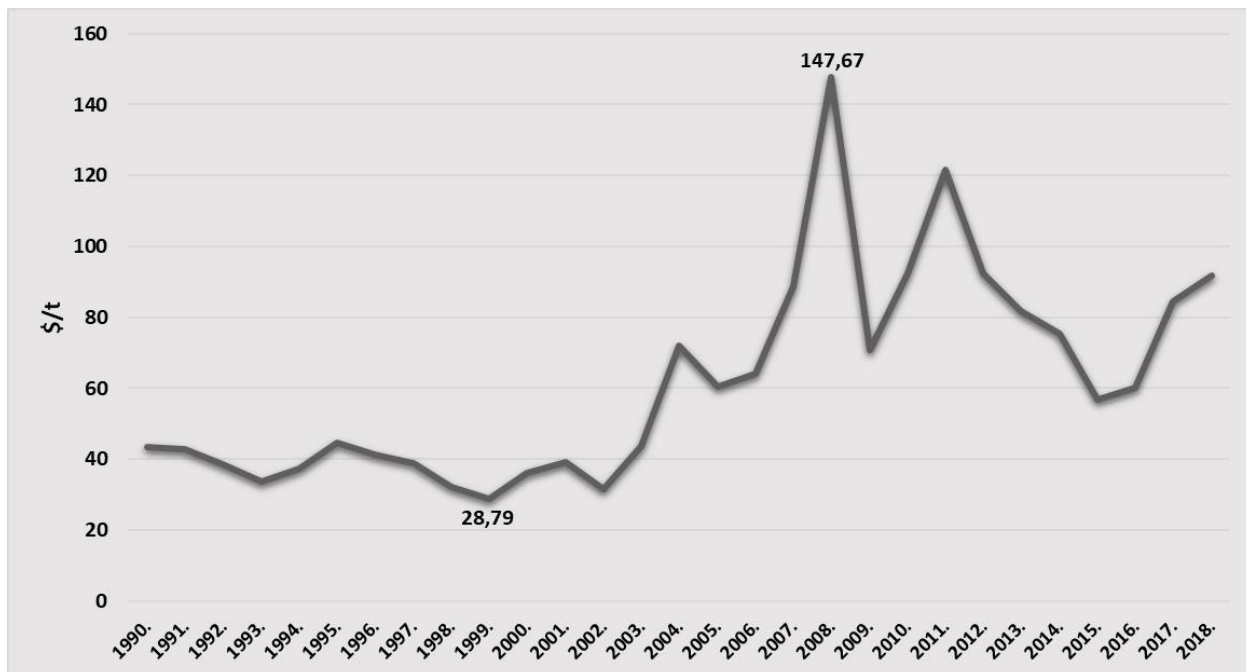
4.1.1. Termoelektrane na ugljen

Energetska vrijednost zaliha ugljena je puno veća od energetske vrijednosti zaliha drugih fosilnih goriva. Potrošnja ugljena je manja od potrošnje plinovitih i tekućih goriva unatoč velikim zalihama ugljena, a očekuje se da će tako biti i u buduću. Ugljen je energent kojega ima na svim kontinentima, tako da je sigurnost dobave puno veća nego kod plina ili sirove nafte.²⁸ Termoelektrane (TE) na ugljen unatoč svemu još uvijek imaju najveći kapacitet proizvodnje električne energije sa udjelom od oko 40% u ukupnom kapacitetu proizvodnje. Troškovi proizvodnje električne energije iz termoelektrana na ugljen variraju iz godine u godinu i razlikuju se od postrojenja do postrojenja. Najvažniji element u proračunu za termoelektrane na ugljen je cijena ugljena koja, kao što je već rečeno, varira ovisno o mnogim čimbenicima. Na grafikonu 17 je prikazano kretanje cijene ugljena u dolarima po toni na tržištu od 1990. do 2018. Iz grafikona su vidljive velike oscilacije u cijeni ugljena, te značajna razliku između najniže cijene 1999. godine

²⁸ <https://www.worldcoal.org/>

od 28,79 \$/t i najvišlje cijene 2008. godine u vrijeme gospodarske krize kada je cijena iznosila 147,67 \$/t.

Grafikon 17. Kretanje cijena ugljena u sjeverozapadnoj Europi od 1990. do 2018. u \$/t



Izvor: <https://ec.europa.eu/eurostat/>

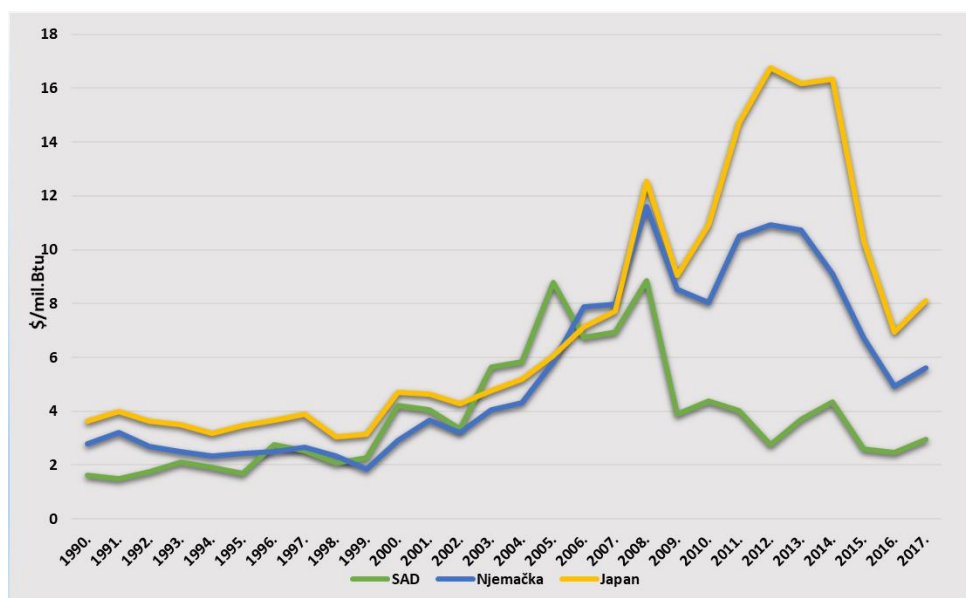
4.1.2. Plinske termoelektrane

Plin kao gorivo je ekološki prihvatljivije od ugljena i zato je puno skuplje. Cijena plina se u pravilu vezala za cijenu nafte, ali to ne mora biti tako i u budućnosti. Zbog prednosti plina kao energenta njegova je potrošnja šira od potreba energetike. Plin se koristi u industriji i domaćinstvima, a ti potrošači imaju prednost jer plaćaju veću cijenu i teže mogu zamijeniti energent. To je jedna od razlika između plina i ugljena jer se ugljen puno manje primjenjuje izvan energetike. Zalihe prirodnog plina neravnomjerno su raspoređene u svijetu pa postoji mogućnost da zbog političkih odluka pojedine zemlje ostanu bez plina. Na području Rusije i Bliskog Istoka nalazi se oko 70 % dokazanih nalazišta plina, dok glavni centri potrošnje tog energenta raspolažu sa znatno manjim nalazištima. Problem u ekonomskom planiranju termoelektrana na plin predstavlja mogućnost povećanja cijene goriva u životnom vijeku elektrane jer znatnije povećanje cijene goriva može u potpunosti poremetiti početne računicе o isplativosti postrojenja. Kao i kod TE na ugljen i kod plinskih TE najvažniji faktor u proračunu troškova je cijena goriva, odnosno plina koja varira iz

godine u godinu. Zemlje proizvođači (SAD, Rusija, Kanada) i dalje imaju niže cijene od neto uvoznika (Japan, Kina, Koreja), dok je EU u sredini.

Grafikon 17 prikazuje cijene plina od 1990. pa do 2017. godine u Japanu, Njemačkoj i SAD-u. S grafikona je vidljiv drastičan skok cijena u 2008. godini u sve 3 zemlje te odmah godinu nakon, veliki pad cijena. Također je vidljiva velika razlika između cijena u 2014. godini što utječe na ukupne troškove.

Grafikon 18. Cijene plina od 1990. pa do 2017. godine u Japanu, Njemačkoj i SAD-u



Izvor: <https://ec.europa.eu/eurostat/>

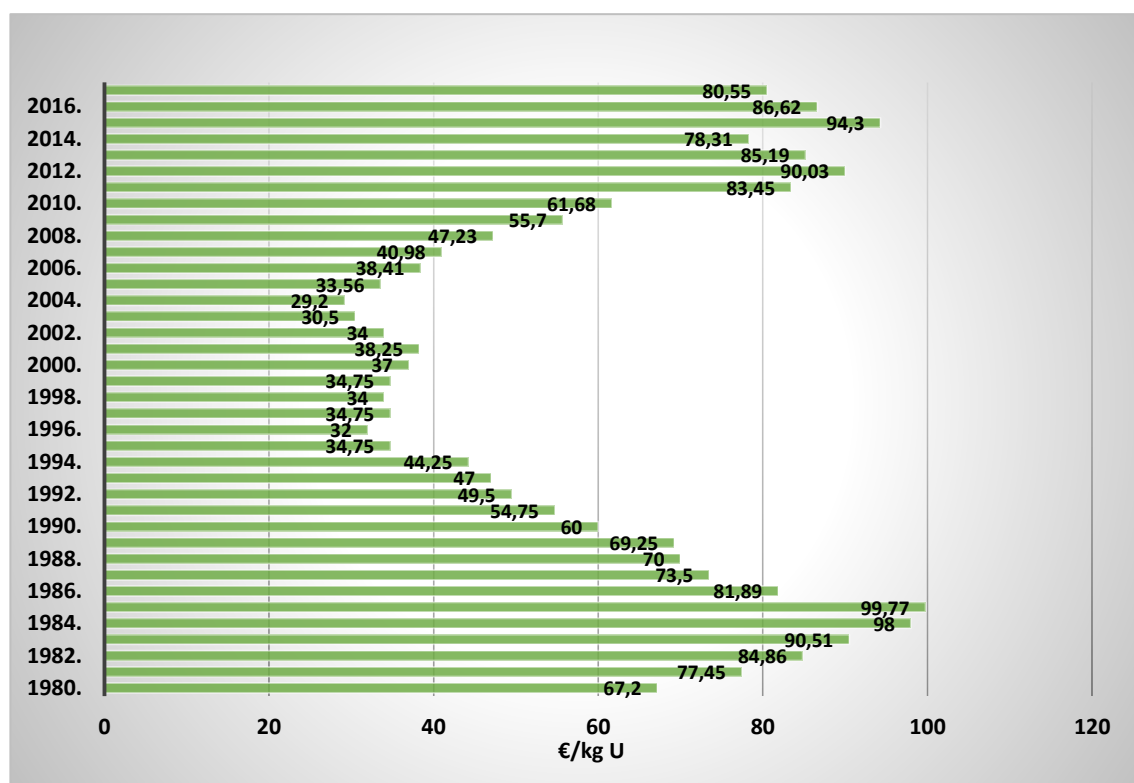
4.1.3. Nuklearne elektrane

Nuklearne elektrane (NE) zauzimaju preko 10% ukupne proizvodnje električne energije u svijetu i najkontroverznija su tehnologija zbog svog goriva, urana i njegove radioaktivnosti. Njihovi troškovi izgradnje vrlo su visoki, no zato imaju niske troškove pogona. Iako imaju gotovo zanemarivu emisiju štetnih plinova, veliki problem predstavlja im odlaganje radioaktivnog otpada i dekomisija. Također, nuklearne elektrane imaju i dug životni vijek od 60 godina i više.

Jedna od najvećih prednosti nuklearnih elektrana u odnosu na druge tipove elektrana niska je cijena goriva. Ipak, uran se mora obraditi, obogatiti i proizvesti u gorive elemente, a to je trošak koji čini oko pola cijene goriva. No, uza sve to ukupna cijena goriva je za oko trećinu manja nego kod

elektrana na ugljen, a četvrtinu ili čak petinu manja od cijene goriva za elektrane na plin.²⁹ Grafikon 19 prikazuje cijene urana na svjetskom tržištu od 1980. do 2017. godine. Cijene su se drastično mijenjale kroz godine a od 1986. zabilježen je drastičan pad cijena, sve do 2006. godine kada cijene opet rastu. Najniža cijena urana zabilježena je 1996. godine a iznosila je 32 €/kg, dok je najviša cijena zabilježena 1985. a iznosila je 99,77 €/kg.

Grafikon 19. Cijene urana na svjetskom tržištu od 1980. do 2017. godine.

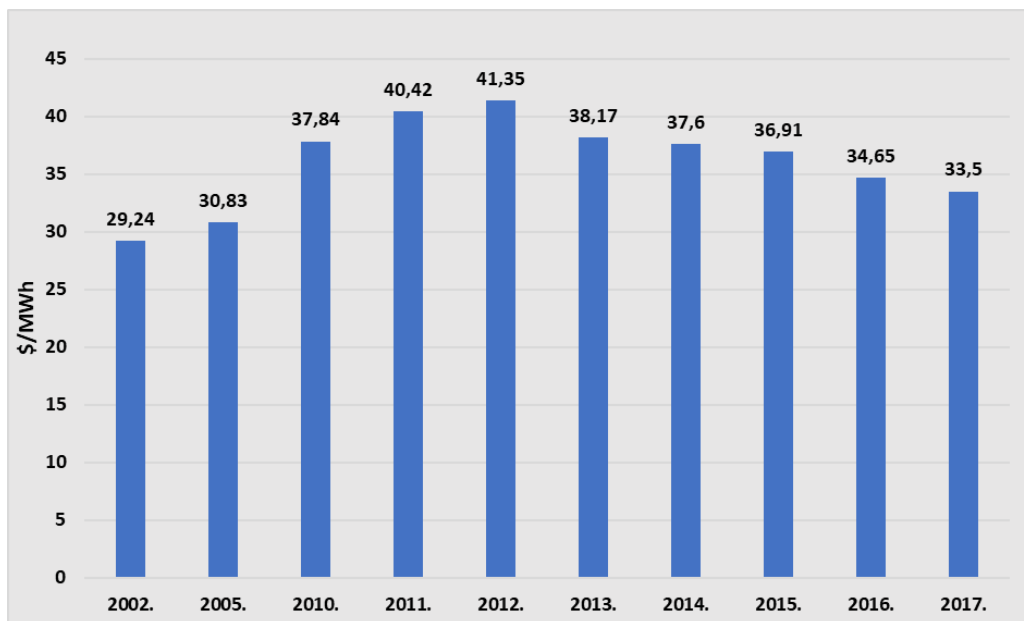


Izvor: <https://tradingeconomics.com/>

²⁹ <http://www.nemis.hr/>

Grafikon 20 prikazuje troškove proizvodnje u \$/MWh nuklearne energije u SAD-u u razdoblju od 2002. do 2017. godine.

Grafikon 20. Troškovi proizvodnje nuklearne energije u SAD-u u razdoblju od 2002. do 2017. godine u \$/MWh



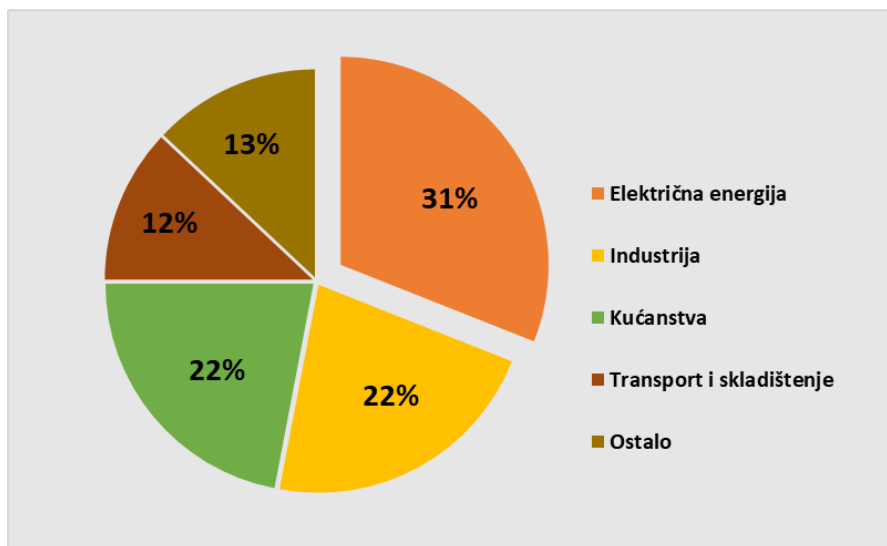
Izvor: <https://www.statista.com>

4.2. Naknade za emisije ugljikova dioksida i njihovo smanjenje pri proizvodnji električne energije

Sve veće koncentracije stakleničkih plinova u atmosferi primorale su svjetske lidere da pokušaju taj rastući trend nekako obuzdati. U posljednje vrijeme sve češće provode se analize o tome koliko zagađenja jedna elektrana proizvodi za svaku proizvedenu jedinicu električne energije. Među tim posljednjim analizama, emisije CO₂ u životnom ciklusu postale su predmet globalnog interesa. Emisije ugljika postaju dio ekonomske jednadžbe, a trošak emisije CO₂ bit će važan faktor u određivanju buduće ekonomičnosti elektrana. Cijene emisija CO₂ uvelike utječu na proizvodnju električne energije, jer na nju otpada najveći dio proizvodnje ugljičnog dioksida u svijetu. Grafikon

21 prikazuje strukturu emisija stakleničkih plinova po sektorima u Europi. Na grafikonu je jasno vidljivo kako čak 31% emisija dolazi iz sektora proizvodnje električne energije.³⁰

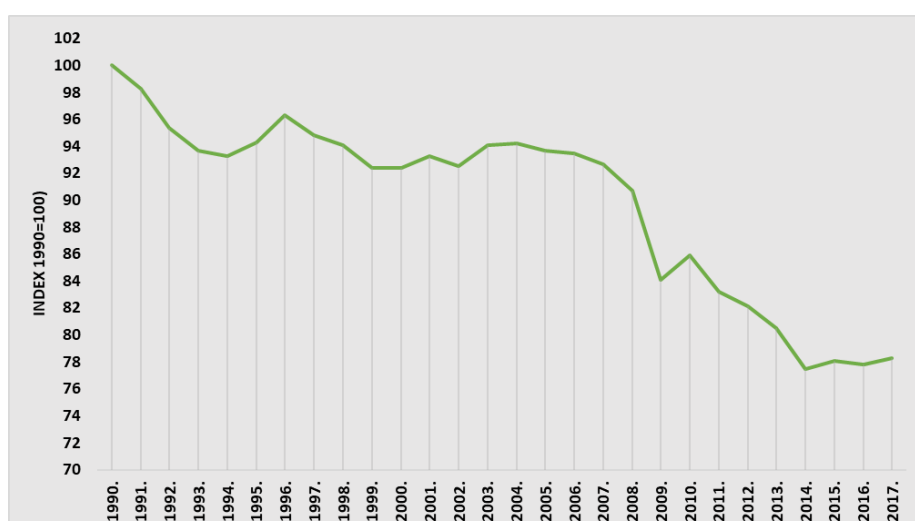
Grafikon 21. Postotak emisija stakleničkih plinova po sektorima u Europi



Izvor: <https://www.weforum.org/>

Grafikon 22 prikazuje emisije stakleničkih plinova u Europskoj Uniji u razdoblju od 1990. do 2017. godine.

Grafikon 22. Emisija stakleničkih plinova u EU-28



Izvor: <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics>

³⁰ Breeze, P. (2010.) The Cost of Power Generation: Business Insights Ltd

Ključan ekonomski problem dekarbonizacije leži u neravnopravnom nadmetanju u kojemu su do sada zagađivači bili oslobođeni snošenja društvenih troškova zagađenja. Problem se može gledati i kao neka vrsta „free riding” fenomena: ni potrošači nisu baš vršili pritisak na vlasnike elektrana da ulažu u zaštitu okoliša, jer bi to dovelo do povećanja maloprodajnih cijena električne energije u kratkom roku. Ovako, današnji potrošači odgurali su stvarne troškove proizvodnje električne energije od sebe prema budućim generacijama. No, ti troškovi će neminovno doći na naplatu, a opseg potrebnih ulaganja ukazuje na to da će zbog očuvanja okoliša, kao i zbog potrebe postupne supstitucije fosilnih goriva zbog neizbježnog iscrpljivanja njihovih zaliha, stanovništvo općenito morati veći udio svojih raspoloživih prihoda trošiti za dobavu energije.

Važan dio eksternalija koje nastaju korištenjem fosilnih goriva odnosi se na emisije stakleničkih plinova. Procjene tih eksternih troškova, , kreću se u vrlo širokim rasponima. Primjerice, cijene na tržištu emisijama EU-a (EU ETS, engl. European Union's Emission Trading System) kretale su se u zadnjih nekoliko godina području između manje od 10 €/tCO₂ do skoro 30 €/tCO₂. Stoga je teško prema njima ocjenjivati iznos eksternih troškova emisije tog plina. Naime, cijene emitirane tone ugljičnog dioksida ovisile su o mnogim faktorima, pa među ostalim i o ponudi emisijskih kredita u ovom europskom sustavu, kojeg općenito karakteriziraju određene nedorečenosti. Tako na primjer, mjereno na razini cjelokupnog životnog ciklusa, elektrane na ugljen emitiraju između 0,8 i 1,1 tCO₂/MWh, kombinirane plinske elektrane u prosjeku oko 0,43 tCO₂/MWh, nuklearne elektrane oko 0,006 tCO₂/MWh.³¹

Glavni ciljevi naknada za emisije štetnih plinova su smanjenje zagađenja i korištenje obnovljivih izvora za proizvodnju električne energije. Cijena stakleničkih plinova kroz povijest se mijenjala i ovisila je o dosta faktora. Naplata emisije stakleničkih plinova vrši se po toni CO₂ ispuštenog u atmosferu i najvažnija su dva modela naplate, porez na CO₂ i trgovanje emisijskim jedinicama plinova.

Porez na CO₂ je jednostavan oblik naplate emisije stakleničkih plinova. Svaki proizvođač stakleničkih plinova dužan je platiti određeni porez na količinu stakleničkih plinova koju ispusti u atmosferu. Porez određuje zakonodavac, tj. vlada određene države. Trgovanje emisijskim jedinicama plinova nešto je složeniji sustav kojim se pokušava smanjiti zagađenje stakleničkim

³¹ Sabolić, D. (2012.), Ekonomska pitanja u vezi dekarbonizacije elektroenergetskog sustava, Zagreb: Hrvatsko energetska društvo - Zbornik radova

plinovima na način da se postavi granica količine emisija koja smije biti emitirana u okoliš. Svaka tvrtka ima svoje kvote dopuštenih emisija koje ne smije premašiti. Tvrtke koje nemaju dovoljno kvota za pokrivanje svog emitiranja moraju kupiti kvote od tvrtki koje imaju viška, tj. koje emitiraju manje stakleničkih plinova nego što im je to kvotama dozvoljeno. Na taj način veći zagađivači plaćaju kazne zbog emitiranja većeg od dozvoljenog, dok oni koji ispuštaju manje štetnih plinova bivaju nagrađeni. Jedan od najpoznatijih sustava za trgovanje emisijama stakleničkih plinova je Europska shema trgovanja emisijama stakleničkih plinova (EU ETS) koja je aktivna od 2005. i pokriva 31 europsku zemlju, tj. 45% ukupnih emisija u Europi.³²

4.3. Komparativna analiza fiksnih i varijabilnih troškova proizvodnje električne energije iz neobnovljivih izvora

Fiksni troškovi mogu se podijeliti na: investicijske troškove – početni kapital, diskontna stopa, način kreditiranja, fiksni dio troškova pogona i održavanja – plaće radnicima, porezi, dok se varijabilni dijele na: varijabilni dio troškova pogona i održavanja – trošak rada i remonta, te gorivo ovisno o broju sati rada. Fiksni i varijabilni troškovi pomažu pri donošenju odluke o investiranju u pojedinu tehnologiju. Varijabilni troškovi znatno su veći od fiksnih isto kao i kod nekonvencionalnih elektrana. U tablicama su prikazani fiksni troškovi pogona i održavanja u \$/MW/god i varijabilni troškovi u \$/MW/h. Kada se i fiksni troškovi pretvore u \$/MW/h vidljiva je znatna razlika između fiksnih i varijabilnih troškova što pokazuje i grafikon u nastavku gdje su samo kod nuklearnih elektrana fiksni troškovi veći od varijabilnih.

Tablica 4. Fiksni i varijabilni troškovi pogona i održavanja

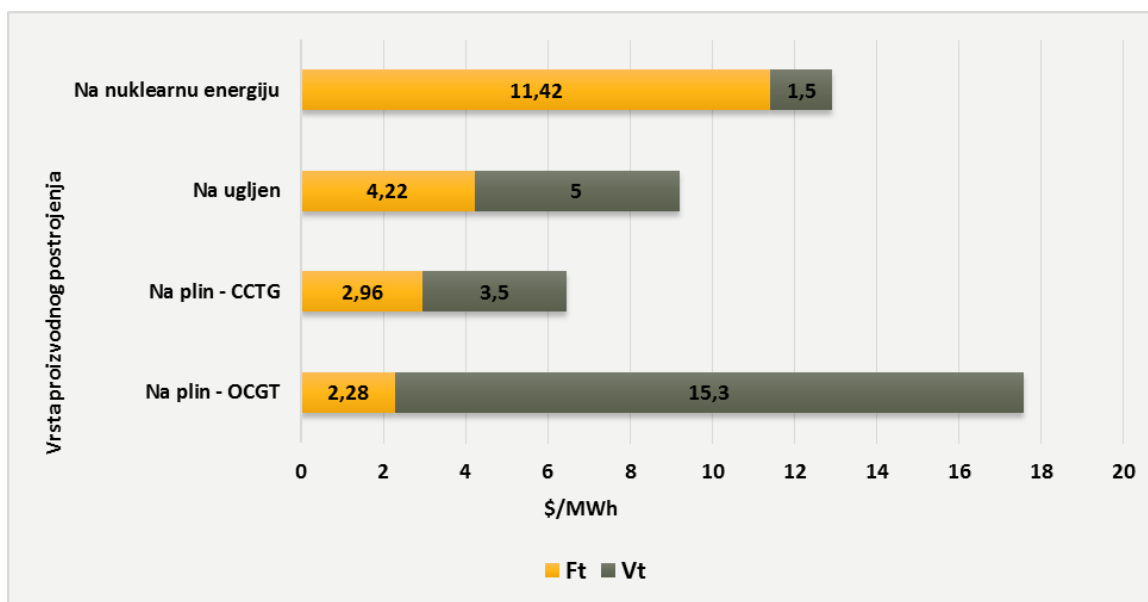
| Vrsta proizvodnog postrojenja | Fiksni O&M (\$/MW/god) | Varijabilni O&M (\$/MW/h) |
|-------------------------------|------------------------|---------------------------|
| Na plin - OCGT | 20 000 | 15.30 |
| Na plin - CCTG | 26 000 | 3.50 |
| Na ugljen | 37 000 | 5.00 |
| Na nuklearnu energiju | 100 000 | 1.50 |

³² <https://ec.europa.eu/clima/publications/>

Izvor: The Costs of Decarbonisation: System Costs with High Shares of Nuclear and Renewables, OECD (2019.)

Grafikon 23 prikazuje fiksne i varijabilne troškove pogona i održavanja kod nuklearnih elektrana te elektrana na ugljen i plin. Generalno gledano znatno veći troškovi su varijabilni troškovi osim kod nuklearnih elektrana gdje fiksni troškovi iznose čak 11,42 \$/MWh a varijabilni tek 1,5 \$/MWh.

Grafikon 23. Usporeba fiksnih i varijabilnih troškova pogona i održavanja u \$/MWh



Izvor: The Costs of Decarbonisation: System Costs with High Shares of Nuclear and Renewables, OECD

Tablica 5 prikazuje fiksne i varijabilne troškove u termoelektranama na ugljen, kombiniranim plinskim elektranama i nuklearnim elektranama.

Tablica 5. Određeni fiksni i varijabilni troškovi u različitim tipovima elektrana

| Vrsta troškova | Jedinica | TE ugljen | | Kombi - plin | | NE | |
|--|----------|-----------|-------|--------------|-------|--------|--------|
| FIKSNI TROŠKOVI | | Min. | Max. | Min. | Max. | Min. | Max. |
| Specifična investicija | €/KW | 2000 | 2300 | 850 | 950 | 3000 | 3500 |
| Stalni troškovi pogona i održavanja | €/KW | 50 | 70 | 25 | 30 | 150 | 200 |
| Diskontna stopa | | 0,05 | 0,01 | 0,05 | 0,1 | 0,05 | 0,1 |
| VARIJABILNI TROŠKOVI | | | | | | | |
| Cijena goriva | €/GJ | 2,2 | 2,6 | 7 | 8 | 0,5 | 0,7 |
| Promjenjivi troškovi pogona i održavanja | €/KWh | 0,003 | 0,004 | 0,0025 | 0,003 | 0,0075 | 0,0095 |

Izvor: Pranjić, Z. (2010.) Usporedba troškova proizvodnje električne energije iz elektrana na ugljen, plin, nuklearno gorivo i vjetar. Završni rad, Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje

U tablici 5 najveće razlike u cijenama vidljive su u specifičnim investicijskim troškovima i cijeni goriva između kombinirane plinske elektrane naspam TE na ugljen i nuklearne elektrane. Kombinirane plinske elektrane imaju između 850 i 950 €/KW specifičnih troškova dok TE na ugljen i nuklearne elektrane imaju između 2000 i 3500 €/KW. Cijene goriva kod kombiniranih plinskih elektrana veće su u odnosu na preostale dvije vrste elektrana a iznosu između 7 i 8 €/KWh. Treba uzeti u obzir da su podaci iz 2010. godine te su se određene vrijednosti od tada promijenile.

5. ANALIZA TROŠKOVA PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE NA PRIMJERU EU

Svijet se tijekom zadnjeg desetljeća razvija ubrzanim tempom, a to se posebno odnosi na energente i energetska politiku. Europska unija je u svojim dokumentima sustavno gradila strategiju i zajedničku politiku koja danas djeluje u nekoliko pravaca. Da bi se osigurala veća sigurnost i učinkovitost energetskog sektora proces se intenzivira liberalizacijom trženja ključnim energentima. To se ponajprije odnosi na električnu energiju i plin.³³

Cilj Europske Unije je stvaranje jedinstvenog tržišta električne energije. S obzirom da je to kompleksan i tehnički vrlo zahtjevan proces potrebno je prvotno stvaranje regionalnih tržišta. Danas u Europi postoje ili su u fazi nastajanja nekoliko regionalnih tržišta električne energije. Najpoznatije i najrazvijenije je Nordijsko tržište električne energije koje obuhvaća sve skandinavske zemlje. Ostala tržišta su Iberijsko tržište (Španjolska i Portugal), Zapadnoeuropsko tržište (Francuska, Njemačka, Švicarska, Belgija, zemlje Beneluksa, Austrija), Istočnoeuropsko (Poljska, Češka, Slovačka, Slovenija, Mađarska, Austrija), Jugoistočno tržište (Hrvatska, BiH, Srbija, Crna Gora, Kosovo, Grčka, Rumunjska, Bugarska, Turska), Talijansko tržište, Baltičko tržište (Litva, Latvija, Estonija) i zajedničko tržište Velike Britanije i Irske. Na primjeru Hrvatske može se vidjeti da je proces stvaranja jedinstvenog tržišta jugoistočne Europe vrlo spor s puno

³³ Teodorović, I.; Aralica, Z.; Redžepagić, D.: Energetska politika EU i hrvatske perspective

zapreka i ograničenja. Sam proces krenuo je 2008. godine potpisivanjem Atenskog sporazuma i još je u fazi razvoja.³⁴

Proizvodnja i potrošnja električne energije u EU

Za razliku od proizvodnje primarnih energenata, čija razina ovisi o količini prirodnih resursa i kapacitetima proizvodnih pogona u određenoj zemlji, proizvodnja električne energije primarno ovisi o potražnji za električnom energijom s obzirom da u istom trenutku, zbog nemogućnosti njena skladištenja, proizvodnja i potrošnja moraju biti istovremene. Zemlja koja nema dovoljno vlastite proizvodnje da zadovolji potražnju uvozi razliku iz zemalja koje imaju višak električne energije. Međutim za razliku od nafte, gdje neto izvoz čini 50% ukupne proizvodnje, ili prirodnog plina, gdje neto izvoz čini 25% ukupne proizvodnje, kod električne energije je udio neto izvoza u ukupnoj proizvodnji 10%. Zemlje EU-a proizvode i troše 13% svjetske proizvodnje s tendencijom smanjivanja udjela. U najveće proizvođače električne energije u Europskoj Uniji u odnosu na ostale svjetske zemlje spadaju Njemačka sa 2,6%, te Francuska sa 2,3% a u najveće neto izvoznike također Njemačka sa 14,2%, Francuska sa 18,9%, Švedska sa 4,1%, Češka sa 3,8% te Bugarska sa 3,3%. Zemlje izvoznice električne energije izvoze oko 1,4% ukupne svjetske proizvodnje, od čega najvećih 10 neto izvoznika ima udio od gotovo 90%. Od Europskih zemalja među njima prednjači Francuska sa velikim nuklearnim kapacitetima i Njemačka sa velikim kapacitetima obnovljivih izvora (vjetar). U 10 najvećih neto izvoznika u EU spadaju: Italija sa 10,6%, Velika Britanija sa 5,2%, Mađarska sa 3,7%.

U posljednjem desetljeću cijene električne energije znatno su porasle kako u kućanstvima srednje veličine tako i u industriji. Grafikoni 24. i 25. prikazuju cijene električne energije u kućanstvima srednje veličine i industriji u zemljama EU u 2007. i 2017. godini a grafikon 26. cijene proizvodnje električne energije u eurima u 2008. i 2018. godini također u zemljama EU.

Vidljiv je znatan porast cijena električne energije u 2017. godini u odnosu na 2007. Primjerice cijena u kućanstvima u Bugarskoj 2007. godine iznosi 0,066 €/KWh, a 2017. godine 0,0955 €/KWh dok je najviša cijena izmjerena u Danskoj, a iznosi 0,2579 €/KWh u 2007. godini i 0,3049

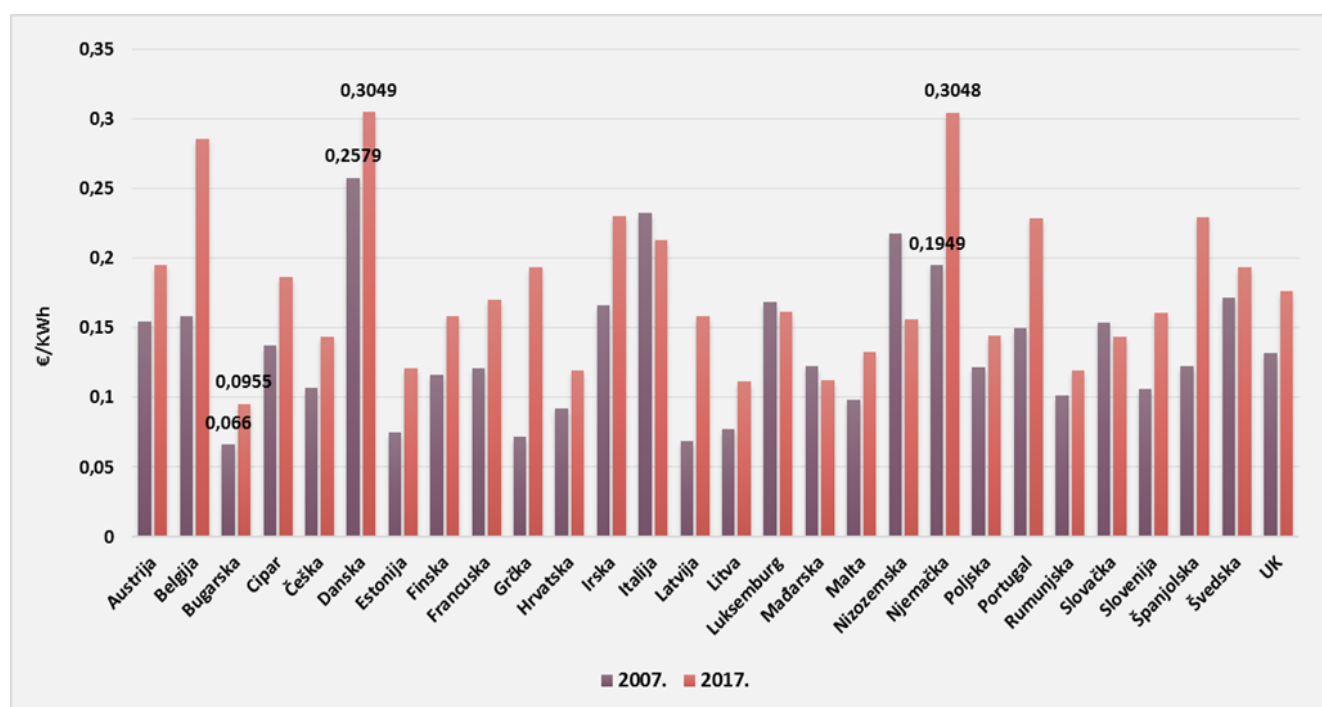
³⁴ Gelo, T. (2019) Determinante tržišta električne energije (Nastavni material za kolegij tržište električne energije), Zagreb, Sveučilište u Zagrebu Ekonomski fakultet

€/KWh u 2017. godini. Većina zemalja bilježi trend porasta cijena u 2017. godini u odnosu na 2007., osim Italije, Luksemburga, Nizozemske i Slovačke koje bilježe pad.

Dok su cijene električne energije u industiji za Bugarsku također najniže u odnosu na ostale zemlje EU, najviše cijene očituju se u Cipru gdje je cijena 2007. godine iznosila 0,1048 €/KWh, a 2017. godine 0,1275 €/KWh te na Malti gdje je cijena 2007. godine iznosila 0,0897 €/KWh, a 2017. godine 0,1336 €/KWh. Za razliku od cijena električne energije u kućanstvima gdje gotovo sve zemlje bilježe trend rasta cijena u odnosu na 2007. godinu, u industriji je situacija podjednaka, neke zemlje bilježe rast, a neke pad cijena.

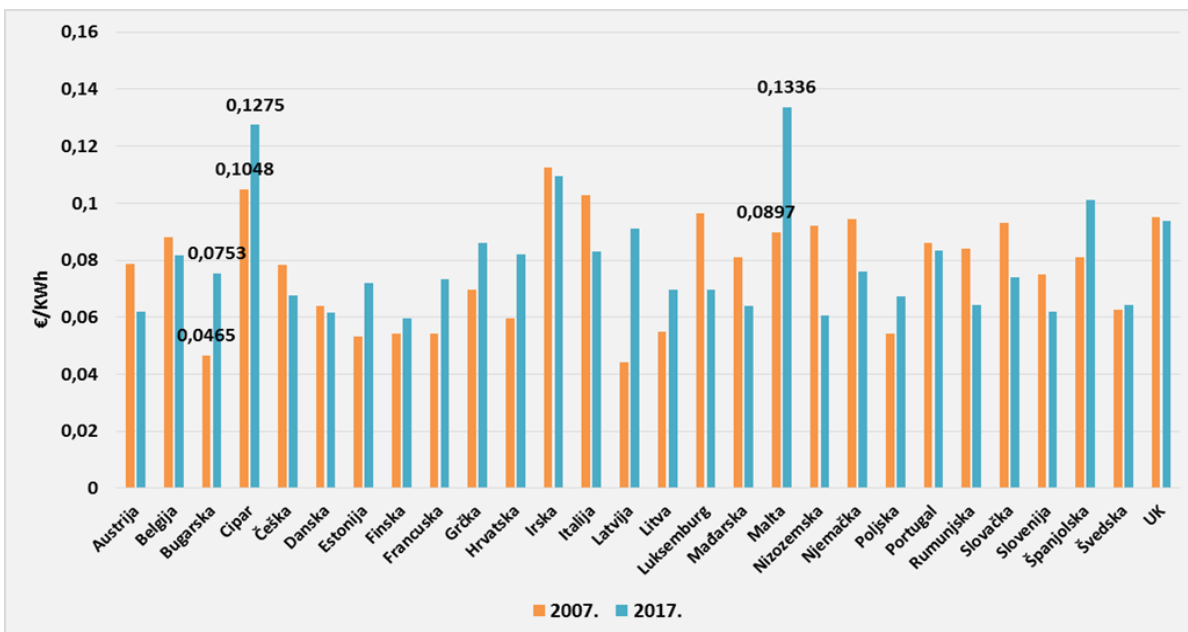
Grafikon 26 prikazuje cijene proizvodnje električne energije prikazane u eurima te je također uočen značajan porast cijena u 2018. godini u odnosu na 2008. godinu, posebice u pojedinim državama članicama kao npr. Malti i Španjolskoj koje se također ističu po puno većim cijenama proizvodnje u odnosu na druge zemlje u 2018. godini. Najmanje cijene u obje godine bilježe Bugarska, Estonija i Litva.

Grafikon 24. Cijene električne energije u kućanstvima srednje veličine u zemljama EU u 2007. i 2017. godini



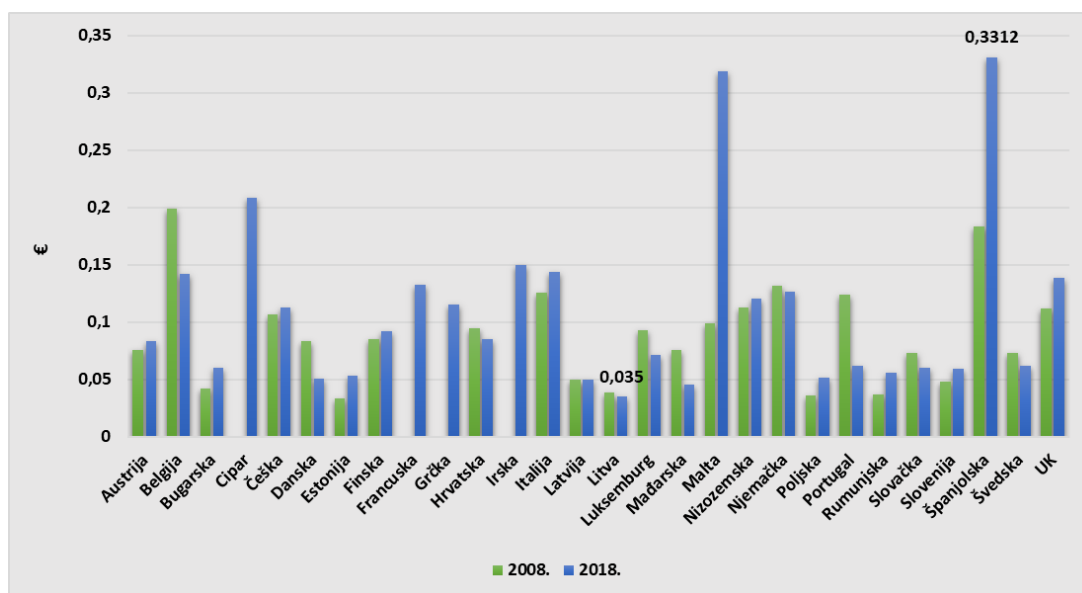
Izvor: <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>

Grafikon 25. Cijene električne energije u industriji u zemljama EU u 2007. i 2017. godini



Izvor: <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>

Grafikon 26. Cijene proizvodnje električne energije u zemljama EU u 2008. i 2018. godini



Izvor: <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>

6. ZAKLJUČAK

Električna energija u današnjem svijetu ima veliku ulogu, ona je osnova životnog standarda današnjeg čovjeka, te je nositelj napretka cijelog čovječanstva. Isto tako, električna energija je glavni oblik napajanja suvremene tehnologije a samim time i suvremene čovjekove ekonomije. Rastuća potrošnja energije i svijest o sve oskudnijim zalihama najčešće korištenih energetske izvora kao aktualno pitanje postavljaju raspolaganje energijom u budućnosti. Nestabilnost cijena i rizik koji pogađaju današnje tržište energetske sirovina pokazuju sve manje mogućnosti za osiguravanje dostatnih količina potrebnih za neprekinutu proizvodnju električne energije, koja bi pratila svjetske trendove u potrošnji. No, unatoč tome prirodni plin, nafta, naftni derivati i ugljen još uvijek predstavljaju temelj proizvodnje električne energije na svjetskoj razini. Iako se bilježi značajan porast proizvodnje iz elektrana na obnovljive izvore, konvencionalne elektrane i dalje vladaju tržištem električne energije. Konvencionalne elektrane odnosno elektrane iz fosilnih izvora imaju svoje prednosti, zbog kojih zauzimaju najveći udio u svjetskoj proizvodnji električne energije, ali imaju i svoje nedostatke kao što je konstantna opskrba gorivom što doprinosi troškovima pogona. Cijene goriva ovise o raznim lokalnim i globalnim parametrima, kao što je dostupnost goriva i vrsta, čistoća goriva, globalna ekonomska situacija, lokalne cijene, itd. Nuklearne elektrane karakteriziraju visoki investicijski troškovi, ali niski troškovi goriva. Suprotnu strukturu imaju elektrane na naftu i naročito na plin s niskim specifičnim investicijama, ali skupim gorivom. Energetska vrijednost zaliha ugljena je puno veća od energetske vrijednosti zaliha drugih fosilnih goriva. Potrošnja ugljena je manja od potrošnje plinovitih i tekućih goriva unatoč velikim zalihama ugljena, a očekuje se da će tako biti i u buduću. Ugljen je energent kojega ima na svim kontinentima, tako da je sigurnost dobave puno veća nego kod plina ili sirove nafte. Termoelektrane (TE) na ugljen unatoč svemu još uvijek imaju najveći kapacitet proizvodnje električne energije sa udjelom od oko 40% u ukupnom kapacitetu proizvodnje. Troškovi proizvodnje električne energije iz termoelektrana na ugljen variraju iz godine u godinu i razlikuju se od postrojenja do postrojenja. Najvažniji element u proračunu za termoelektrane na ugljen je cijena ugljena koja varira ovisno o mnogim čimbenicima. Kroz godine događale su se velike oscilacije u cijeni ugljena, te značajna razliku između najmanje cijene 1999. godine od 28,79 \$/t i najveće cijene 2008. godine u vrijeme gospodarske krize kada je cijena iznosila 147,67 \$/t.

Ako uspoređujemo TE na ugljen s TE na plin, plin kao gorivo je ekološki prihvatljivije od ugljena i zato je puno skuplje. Cijena plina se u pravilu vezala za cijenu nafte, ali to ne mora biti tako i u budućnosti. Kao i kod TE na ugljen i kod plinskih TE najvažniji faktor u proračunu troškova je cijena goriva, odnosno plina koja varira iz godine u godinu. Zemlje proizvođači (SAD, Rusija, Kanada) i dalje imaju niže cijene od neto uvoznika (Japan, Kina, Koreja), dok je EU u sredini.

Kod nuklearnih elektrana specifično je što su njeni troškovi izgradnje vrlo visoki, no zato imaju niske troškove pogona. Iako imaju gotovo zanemarivu emisiju štetnih plinova, veliki problem predstavlja im odlaganje radioaktivnog otpada i dekomisija. Također, nuklearne elektrane imaju i dug životni vijek od 60 godina i više.

Uspoređujući nuklearne elektrane u odnosu na ostale tipove elektrana jedna od najvećih prednosti je niska je cijena goriva. Ipak, uran se mora obraditi, obogatiti i proizvesti u gorive elemente, a to je trošak koji čini oko pola cijene goriva. No, uza sve to ukupna cijena goriva je za oko trećinu manja nego kod elektrana na ugljen, a četvrtinu ili čak petinu manja od cijene goriva za elektrane na plin.

Trenutno su većina država članica EU neto uvoznici energije. Današnja ovisnost o uvezenoj energiji mogla bi biti neutralizirana prelaskom na obnovljive izvore energije koji su dosegili najveću razinu proizvodnje električne energije do sada, iako fosilni izvori i dalje zauzimaju prvo mjesto. Nekad vrlo skupe i nekonkurentne tehnologije u odnosu na konvencionalne, danas su konkurentne jedna drugoj. Također, raste svijest o zagađenju okoliša, stoga se daju i poticaji na proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora.

Zbog razvijenosti tehnologije, učinkovitosti i ekonomike, vjetar trenutno izgleda kao najperspektivniji izvor energije budućnosti, ali je danas i značajan izvor električne energije jer je i proizvodnja električne energije iz energije vjetra najbrže rastuća od svih obnovljivih izvora. Kopnene vjetroelektrane su te koje svojom cijenom proizvodnje mogu parirati elektranama iz fosilnih izvora. Glavni troškovi vjetroelektrana su kapitalna ulaganja, troškovi financiranja, troškovi pogona i održavanja. Geotermalne elektrane također imaju visoke kapitalne troškove, ali vrlo niske i predvidive troškove rada. Ukupni instalacijski troškovi sastoje se od troškova istraživanja i procjena resursa, troškova bušenja, površinske infrastrukture, sustava za prikupljanje i odlaganje geotermalne tekućine, elektrane i povezanih troškova te troškova razvoja i povezivanja na mrežu. Kod solarnih elektrana postoje velike razlike u cijeni koje su uglavnom vezane za cijenu

PV modula. Skuplji PV moduli imaju bolje karakteristike kao npr. veću efikasnost. Iako su određeni PV moduli skuplji, njihova proizvodnja električne energije je veća zbog veće efikasnosti. Generalno gledano troškovi solarnih elektrana bilježe konstantan i dugotrajan pad koji se nastavlja i u 2018. godini. U samo 8 godina LCOE solarnih elektrana pali su s 0,37 \$/KWh u 2010. godini na 0,085 \$/KWh u 2018. godini. Dok su solarne elektrane još u razvoju s druge strane hidroenergija je vrlo razvijena tehnologija proizvodnje električne energije koja proizvodi električnu energiju po jednoj od najnižih cijena u odnosu na sve izvore i najveći je obnovljivi izvor energije. Na građevinske radove otpada najveći dio instalacijskih troškova, negdje i do 50% ovisno o pristupačnosti, dok elektromehanička oprema ovisno o veličini elektrane može zauzimati od 18% pa sve do 50% ukupnih troškova. Zajedno, građevinski radovi i elektromehanička oprema čine većinu ukupnih kapitalnih troškova hidroelektrane.

Obje vrste izvora, obnovljivi i neobnovljivi različito djeluju na strukturu troškova električne energije što je i prikazano u ovom diplomskom radu. Ekonomski pokazatelji elektrana te njihovi troškovi proizvodnje imaju veliki utjecaj u odluci koji tip postrojenja će se graditi, te ovise o brojnim uvjetima konkretne zemlje, a ponekad i regije.

7. LITERATURA

Stručne knjige, časopisi i publikacije:

1. Bahtijarević–Šiber, F. i Sikavica, P. (2001) Leksikon menadžmenta, Zagreb: Masmedia
 2. Breeze, P. (2010.) The Cost of Power Generation: Business Insights Ltd
 3. Čavrak, V. i Gelo, T. i Pripužić, D. (2006) Zbornik Ekonomskog fakulteta u Zagrebu, godina 4, 2006. Zagreb: Ekonomski fakultet
 4. Feretić, D. (2000) Elektrane i okoliš, Sveuč. udžbenik, Zagreb: Element
 5. Gelo, T. (2019) Determinante tržišta električne energije (Nastavni material za kolegij tržište električne energije), Zagreb, Sveučilište u Zagrebu Ekonomski fakultet
 6. Horvat, J. (2018) Istraživanje učinaka poticanja proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora. Diplomski rad, Split: Ekonomski fakultet
 7. Knapp, V. (1993) Novi izvori energije, Zagreb: Školaska knjiga
 8. Međimorec, D. (2010): Kako članice Europske unije namjeravaju dostići ciljeve za obnovljive izvore energije 2020.
 9. Pranjić, Z. (2010.) Usporedba troškova proizvodnje električne energije iz elektrana na ugljen, plin, nuklearno gorivo i vjetar. Završni rad, Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje
 10. Sabolić, D. (2012.), Ekonomska pitanja u vezi dekarbonizacije elektroenergetskog sustava, Zagreb: Hrvatsko energetska društvo - Zbornik radova
 11. Šarić, A. (2016) Analiza isplativosti proizvodnje električne energije. Diplomski rad, Osijek, Elektrotehnički fakultet
 12. Šljivac, D.; Šimić, Z.; (2009): Obnovljivi izvori energije, Najvažnije vrste, potencijal i tehnologija
 13. Teodorović, I.; Aralica, Z.; Redžepagić, D.: Energetska politika EU i hrvatske perspective
 14. Tomšić, Ž. i Debrecin, N. i Vrankić, K. (2006) Eksterni troškovi proizvodnje električne energije i politika zaštite okoliša. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva, godina 55, 2006. Zagreb: Fakultet elektrotehnike i računarstva
- The Costs of Decarbonisation: System Costs with High Shares of Nuclear and Renewables, OECD (2019.)

Internet stranice:

1. EUROSTAT - <https://ec.europa.eu/eurostat>
2. GWEC, Global Wind Energy Council (Globalno vijeće za energiju vjetra):
<https://gwec.net/>
3. MEGAJOULE, Rethinking Energy Worldwid: <http://www.megajoule.pt/>
4. Monthly Energy Data: <https://yearbook.enerdata.net/>
5. IEA, International Energy Agency: <https://www.iea.org/>
6. Centar za praćenje poslovanja energetskog sektora i investicija: Obnovljivi izvori energije:
<http://cei.hr/obnovljivi-izvori-energije>
7. IRENA – International Renewable Energy Agency: <https://www.irena.org/>
8. European commission - <https://ec.europa.eu/info/index>
9. Nuklearna energija – misija i stvarnost: <http://www.nemis.hr/>
10. World Coal Association-WCA- <https://www.worldcoal.org/>
11. The World Economic Forum - <https://www.weforum.org/>

POPIS GRAFIKONA

Grafikon:

1. Struktura proizvodnje električne energije u svijetu iz pojedinih obnovljivih izvora u 2018. godini
2. Usporedba LCOE različitih tipova elektrana od 2010. do 2018.
3. Ukupna instalirana snaga vjetroelektrana u svijetu od 2010. do 2018. godine
4. Troškovi u vjetroelektranama na kopnu i moru od 2010. do 2018.
5. Troškovi vjetroturbine u Kini i SAD-u u razdoblju od 1998. do 2017.
6. Ukupna instalirana snaga hidroelektrana u svijetu od 2010. do 2018. godine
7. LCOE hidroelektrana od 2010. do 2018.
8. Podjela troškova u hidroelektrani snage 500 MW
9. LCOE geotermalnih elektrana od 2010. do 2018.
10. Rast kapaciteta geotermalnih elektrana od 2010. do 2018.
11. Ukupna instalirana snaga solarnih elektrana u svijetu od 2010. do 2018. godine
12. LCOE solarnih elektrana od 2010. do 2018.
13. Cijene PV modula po mjesecima od 2010. do 2017. godine u Europi i Kini
14. Usporeba fiksnih i varijabilnih troškova pogona i održavanja
15. Proizvodnja električne energije iz pojedinih izvora
16. Udio troškova goriva u ukupnim troškovima u različitim elektranama
17. Kretanje cijena ugljena u sjeverozapadnoj Europi od 1990. do 2018.
18. Cijene plina od 1990. pa do 2017. godine u Japanu, Njemačkoj i SAD-u
19. Cijene urana na svjetskom tržištu od 1980. do 2017. godine.
20. Troškovi proizvodnje nuklearne energije u SAD-u u razdoblju od 2002. do 2017. godine
21. Postotak emisija stakleničkih plinova po sektorima u Europi
22. Emisija stakleničkih plinova u EU-28
23. Usporeba fiksnih i varijabilnih troškova pogona i održavanja
24. Cijene električne energije u kućanstvima srednje veličine u zemljama EU u 2007. i 2017. godini
25. Cijene električne energije u industriji u zemljama EU u 2007. i 2017. godini
26. Cijene proizvodnje električne energije u zemljama EU u 2008. i 2018. godini

POPIS TABLICA

Tablica

1. Primjeri investicijskih troškova za razne tehnologije
2. Primjeri fiksnih troškova pogona i održavanja
3. Primjeri varijabilnih troškova pogona i održavanja (bez goriva)
4. Fiksni i varijabilni troškovi pogona i održavanja
5. Određeni fiksni i varijabilni troškovi u različitim tipovima elektrana

POPIS SLIKA:

Slika:

1. Padajući prosječni ukupni troškovi
2. Rastući prosječni ukupni troškovi

8. ŽIVOTOPIS

Tena Petrović

OBRAZOVANJE I OSPOSOBLJAVANJE:

2017–danas

Struč.spec.oec

Ekonomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Trg J. F. Kennedyja 6, 10,000 Zagreb (Hrvatska)

2012–2015

Bacc.oec

Ekonomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Trg J. F. Kennedyja 6, 10,000 Zagreb (Hrvatska)

2008–2012

XVI. gimnazija

jezična gimnazija
Križanićeva 4a, 10,000 Zagreb (Hrvatska)

RADNO ISKUSTVO:

02/2019 – danas

Turistička agencija – Kontakt tours
(honorarni posao)

09/2017 – 02/2019

Turistička agencija – Kontakt tours
Agent bookinga i prodaje

Kontakt tours d.o.o.
Gundulićeva 3, 10,000 Zagreb (Hrvatska)

09/2016 - 09/2017

Pripravnica u turističkoj agenciji na radnom mjestu agent prodaje i bookinga
(stručno osposobljavanje)

Kontakt tours d.o.o.
Gundulićeva 3, 10,000 Zagreb (Hrvatska)

POSLOVI ZA VRIJEME STUDIRANJA:

Speranza d.o.o – turistička agencija (studentska praksa)

- Upoznavanje s radom agencije, sudjelovanje u radu s klijentima
- sudjelovanje u pripremi školskih programa za učenike osnovnih i srednjih škola (školske ekskurzije, višednevna terenska nastava, jednodnevna terenska nastava i škola u prirodi)
- izrada kalkulacija i priprema materijala i potrebne dokumentacije za putovanja

Turistička agencija – Kontakt tours

- izrada dokumentacije za školska putovanja
- Unošenje podataka u turističku aplikaciju
- Sudjelovanje u pripremi školskih programa za učenike osnovnih i srednjih škola

Zagrebački holding d.o.o - Putnička agencija Vladimir Nazor:

- voditelj skupine djece i mladih u programima putovanja te turistički pratitelj za potrebe putničke agencije Vladimir Nazor
- program ljetovanja za djecu i mlade, (Crikvenica, Skradin) održavanje društveno-zabavnih, sportsko-rekreativnih aktivnosti, kreativno-edukativnih radionica te cjelodnevna skrb o djeci osnovnoškolske dobi

OSOBNOSTNE VJEŠTINE:

Materinski jezik: hrvatski jezik

Ostali jezici: engleski jezik (aktivno znanje u govoru i pismu)

talijanski jezik (pasivno znanje u govoru i pismu)

Komunikacijske vještine:

- komunikacijske i prodajne vještine stečene tijekom rada u turističkoj agenciji
- komunikacijske vještine stečene tijekom studentskog obrazovanja te izrađivanja različitih prezentacija
- rad u timu

Digitalna kompetencija:

- dobro vladanje alatima Microsoft Office™
- dobro vladanje mail programima poput MS Outlooka
- aktivno korištenje Interneta
- korištenje WordPress CMS-a

Vozačka dozvola: B

KONFERENCIJE I EDUKACIJE

- Case Study Competition – rješavanje poslovnog slučaja tvrtke INA na temu “Sakupljanje otpadnog jestivog ulja iz kućanstava na odabranim maloprodajnim mjestima INE”
- Konferencija “Gospodarenje otpadom i zaštita okoliša”